

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-340863

(43)Date of publication of application : 27.11.2002

(51)Int.Cl.

G01N 29/00

(21)Application number : 2001-144440

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB  
INC

(22)Date of filing : 15.05.2001

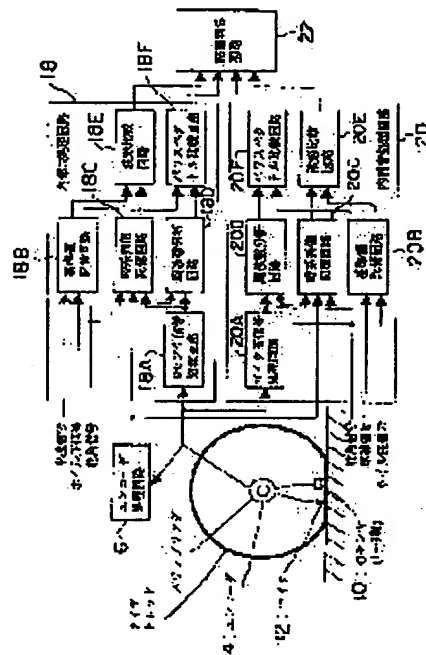
(72)Inventor : YAMAGUCHI HIROYUKI  
ASANO KATSUHIRO  
WATANABE YOSHITOSHI

## (54) ROAD SURFACE DETERMINATION DEVICE AND SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely detect a road surface condition with a practical sampling frequency.

SOLUTION: An acceleration sensor 10 and a sound pressure sensor 12 are arranged inside a tire. A waveform comparison circuit 18E determines a road surface according to an acceleration reference waveform and a waveform of an acceleration signal. A waveform comparison circuit 20E determines the road surface according to a sound pressure reference waveform and a waveform of a sound pressure signal. A power spectrum comparison circuit 18F determines the road surface according to comparison between an acceleration reference power spectrum and an acceleration power spectrum obtained from the acceleration signal. A power spectrum comparison circuit 20F determines the road surface according to comparison between a sound pressure reference power spectrum and a sound power spectrum obtained from the sound pressure signal. A road surface determination circuit 22 determines the road surface according to a majority of the surface determination results.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The acceleration sensor which is arranged inside a tire, detects the acceleration generated inside a tire with rotation of a tire, and outputs an acceleration signal, And the detection means equipped with the sound pressure sensor which approaches the interior of a tire with said acceleration sensor, is arranged, detects the sound pressure generated inside a tire with rotation of a tire, and outputs a sound pressure signal, While judging a road surface based on the reference waveform of the acceleration defined beforehand, and the wave of the acceleration signal detected by the acceleration sensor The 1st road surface judging means which judges a road surface based on the reference waveform of the sound pressure defined beforehand, and the wave of the sound pressure signal detected by the sound pressure sensor, and outputs the road surface judging result based on an acceleration wave, and the road surface judging result based on a sound pressure wave, While comparing the criteria power spectrum of the acceleration defined beforehand with the power spectrum of the acceleration obtained from the acceleration signal Compare the criteria power spectrum of the sound pressure defined beforehand with the power spectrum of the sound pressure obtained from the sound pressure signal, and a road surface is judged. The 2nd road surface judging means which outputs the road surface judging result based on the power spectrum of acceleration, and the road surface judging result based on the power spectrum of sound pressure, Road surface judging equipment including the 3rd road surface judging means which judges a road surface from the road surface judging result based on an acceleration wave, the road surface judging result based on a sound pressure wave, the road surface judging result based on the power spectrum of acceleration, and the road surface judging result based on the power spectrum of sound pressure.

[Claim 2] Said 1st road surface judging means judges a road surface using the wave of the acceleration signal outputted within the predetermined section when the detection means arrangement part of said tire includes the section grounded on the road surface, and the wave of a sound pressure signal. Said 2nd road surface judging means is road surface judging equipment according to claim 1 which judges a road surface using the power spectrum of the acceleration obtained from each of the acceleration signal outputted within said predetermined section, and a sound pressure signal, and the power spectrum of sound pressure.

[Claim 3] Said 1st road surface judging means is road surface judging equipment according to claim 1 or 2 which judges a road surface by comparing the threshold which computed the variance or correlation coefficient of the reference waveform of the variance of the reference waveform of said acceleration, and the wave of said acceleration signal or a correlation coefficient, and said sound pressure, and the wave of said sound pressure signal, and was beforehand determined as each of the computed variance or a correlation coefficient according to the road surface.

[Claim 4] Light is irradiated towards the road surface judging equipment of claim 1-3 given in any 1 term, and a road surface. The 4th road surface judging means which compares the level and the threshold of the reflected light from a road surface, and judges a road surface condition, The 5th road surface judging means which irradiates a supersonic wave towards a road surface, compares the level and the threshold of a reflected wave from a road surface, and judges a road

surface condition, And preview road surface judging equipment equipped with at least one of the 6th road surface judging means which photos a road surface, compares the characteristic quantity of an image and the threshold of this characteristic quantity which were photoed, and judges a road surface, It is based on the judgment result of said 3rd road surface judging means. The threshold of said preview road surface judging equipment at least One Or a road surface judging system including a correction means of the judgment result of the 4th road surface judging means, the judgment result of the 5th road surface judging means, and the judgment result of the 6th road surface judging means to correct one at least.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to road surface judging equipment and a road surface judging system, and relates to the road surface judging equipment and the road surface judging system which can judge a road surface with a sufficient precision with a practical sampling frequency especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] As compared with the PSD table value of a specific frequency, the road surface condition detection equipment using the tire acceleration which detects a road surface condition is indicated by JP,6-258196,A in the PSD value to which the resonance level of the rubber on the front face of a tread produced with the horizontal slip by Toin at the time of rectilinear propagation computed and computed the PSD value (power spectrum density) of a resonance level based on the signal from the acceleration sensor attached in the suspension arm paying attention to changing with road surfaces  $\mu$ .

[0003] However, with this technique, the target frequency band is about 6kHz, and in order to perform frequency analysis with a sufficient precision, a sampling near [ at least 10 times as many as this ] the 60kHz (it is 16ns by periodic conversion) is needed. Thus, with the technique which paid its attention to resonance of the rubber on the front face of a tread, since it is necessary to make resonance frequency very high, there is a problem that a sampling frequency must be made high to impractical level.

[0004] Moreover, a microphone is installed in the car body near a tire, the transit sound resulting from friction between a tire and a road surface is measured with a microphone, while using a band pass filter, the Fourier transform performs a frequency analysis to JP,8-298613,A, and the technique of detecting a road surface condition as compared with the table value of each road surface is indicated in the spectrum in a specific frequency.

[0005] However, with this technique, since the microphone was installed in the tire exterior, it was easy to be influenced of alien frequencies, such as an engine sound and a whizzing sound, and there was a problem that road surface judging precision fell for this reason.

[0006] This invention was made in order to cancel the above-mentioned trouble, and it aims at offering the road surface judging equipment and the road surface judging system which can detect a road surface condition with a sufficient precision with the practical sampling frequency of 1kHz - about 5kHz.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The acceleration sensor which this invention is arranged inside a tire in order to attain the above-mentioned purpose, and detects the acceleration generated inside a tire with rotation of a tire, and outputs an acceleration signal, And the detection means equipped with the sound pressure sensor which approaches the interior of a tire with said acceleration sensor, is arranged, detects the sound pressure generated inside a tire with rotation of a tire, and outputs a sound pressure signal, While judging a road surface based on the reference waveform of the acceleration defined beforehand, and the wave of the acceleration signal detected by the acceleration sensor The 1st road surface judging means which judges a

road surface based on the reference waveform of the sound pressure defined beforehand, and the wave of the sound pressure signal detected by the sound pressure sensor, and outputs the road surface judging result based on an acceleration wave, and the road surface judging result based on a sound pressure wave, While comparing the criteria power spectrum of the acceleration defined beforehand with the power spectrum of the acceleration obtained from the acceleration signal Compare the criteria power spectrum of the sound pressure defined beforehand with the power spectrum of the sound pressure obtained from the sound pressure signal, and a road surface is judged. The 2nd road surface judging means which outputs the road surface judging result based on the power spectrum of acceleration, and the road surface judging result based on the power spectrum of sound pressure, The road surface judging result based on an acceleration wave, the road surface judging result based on a sound pressure wave, It constitutes including the 3rd road surface judging means which judges the result of the majority of these road surface judging results to a road surface preferably from the road surface judging result based on the power spectrum of acceleration, and the road surface judging result based on the power spectrum of sound pressure.

[0008] First, the principle of this invention is explained. When the part which has not been grounded on the revolving road surface of a tire while carrying out stationary transit of the desiccation way grounds on a road surface, inside a tire, fixed acceleration and sound pressure are produced according to deformation of (the time of touch-down) and a tread. Therefore, it can be based on each wave of this fixed acceleration and sound pressure.

[0009] If the water screen exists between tire road surfaces, since deformation of a tread will be controlled, each wave of the acceleration at the time of touch-down and sound pressure changes to criteria.

[0010] Moreover, if coefficient of friction between tire road surfaces falls, since slipping will arise in the first transition section of the touch-down section of a tread, each wave of the acceleration at the time of touch-down and sound pressure changes to criteria.

[0011] And if the irregularity of a road surface is large, a big change will arise in each wave of the acceleration at the time of touch-down, and sound pressure.

[0012] Therefore, a road surface can be judged by detecting change from the criteria at the time of transit on the basis of each wave of the acceleration inside a tire when carrying out stationary transit of the desiccation way, and sound pressure.

[0013] Furthermore, while carrying out stationary transit of the desiccation way, with the micro irregularity of a road surface, tire rubber vibrates and acceleration and sound pressure are produced inside a tire. Vibration of the tire rubber of a load noise frequency region (near 100-500Hz) changes with differences of the irregularity between road surfaces, such as the Hikami way and an asphalt way, to criteria.

[0014] Therefore, a road surface can be judged by detecting change from the criteria power spectrum in the specific frequency at the time of transit on the basis of the acceleration and the sound pressure spectrum inside a tire when carrying out stationary transit of the desiccation way.

[0015] The acceleration sensor and sound pressure sensor of this invention approach the interior of a tire respectively, are arranged, detect respectively the acceleration and sound pressure which are generated inside a tire with rotation of a tire, and output an acceleration signal and a sound pressure signal respectively.

[0016] The 1st road surface judging means judges a road surface based on the reference waveform of sound pressure, and the wave of a sound pressure signal, and outputs the road surface judging result based on an acceleration wave, and the road surface judging result based on a sound pressure wave while it judges a road surface based on the reference waveform of acceleration, and the wave of an acceleration signal. Moreover, the 2nd road surface judging means compares the criteria power spectrum of sound pressure with the power spectrum of the sound pressure obtained from the sound pressure signal, judges a road surface, and outputs the road surface judging result based on the power spectrum of acceleration, and the road surface judging result based on the power spectrum of sound pressure while it compares the criteria power spectrum of acceleration with the power spectrum of the acceleration obtained from the

acceleration signal. And the 3rd road surface judging means judges a road surface from the road surface judging result based on an acceleration wave, the road surface judging result based on a sound pressure wave, the road surface judging result based on the power spectrum of acceleration, and the road surface judging result based on the power spectrum of sound pressure. In this case, it is effective if a road surface is judged from the result of the majority of these road surface judging results.

[0017] In this invention, since the acceleration sensor and the sound pressure sensor are contained inside a tire, a road surface can be judged with a sufficient precision, without being influenced by alien frequencies. Moreover, since the road surface is judged by the comparison of an acceleration wave inside a tire, and the comparison of a power spectrum, it is not necessary to make a sampling frequency high like the conventional technique, and the sampling in practical within the limits can be performed.

[0018] A road surface is judged using the wave of the acceleration signal outputted within the predetermined section when the 1st road surface judging means includes the section which the detection means arrangement part of said tire has grounded on the road surface in this invention, and the wave of a sound pressure signal. Said 2nd road surface judging means can judge a road surface using the power spectrum of the acceleration obtained from each of the acceleration signal outputted within said predetermined section, and a sound pressure signal, and the power spectrum of sound pressure. Thus, since only the signal of the required section can be used and a road surface can be judged by using the acceleration signal and sound pressure signal which were outputted within the predetermined section when the detection means arrangement part of a tire includes the section grounded on the road surface, road surface judging time amount can be shortened. Moreover, in case a road surface is judged with the 1st road surface judging means, a road surface can be judged by comparing the threshold which computed the variance of the reference waveform of acceleration, and the wave of an acceleration signal, and the variance of the reference waveform of sound pressure, and the wave of a sound pressure signal, and was beforehand determined as the computed variance according to the road surface. In addition, it may replace with a variance and a correlation coefficient may be used. In addition, since the acceleration wave and sound pressure wave over wheel pressure and the vehicle speed change with road surfaces  $\mu$  at the time of braking and a drive, as for a threshold, it is desirable to make it change according to wheel pressure and the vehicle speed.

[0019] Above road surface judging equipment can be constituted as a road surface judging system combining the preview road surface judging equipment used for car control. One which explained this road surface judging system above of road surface judging equipments, The 4th road surface judging means which irradiates light towards a road surface, compares the level and the threshold of the reflected light from a road surface, and judges a road surface condition, The 5th road surface judging means which irradiates a supersonic wave towards a road surface, compares the level and the threshold of a reflected wave from a road surface, and judges a road surface condition, And preview road surface judging equipment equipped with at least one of the 6th road surface judging means which photos a road surface, compares the characteristic quantity of an image and the threshold of this characteristic quantity which were photoed, and judges a road surface, It is based on the judgment result of said 3rd road surface judging means. The threshold of said preview road surface judging equipment at least One Or it is constituted including a correction means of the judgment result of the 4th road surface judging means, the judgment result of the 5th road surface judging means, and the judgment result of the 6th road surface judging means to correct one at least. The brightness of an image can be used as characteristic quantity of an image.

[0020] As explained above, since the road surface judging using each signal of the acceleration inside a tire and sound pressure is carrying out direct detection of the contact condition of a tire and a road surface, it can obtain a judgment result with a high precision. for this reason, based on a road surface judging result with this high precision, it can be alike by correcting at least one as a result of [ of the threshold of a preview road surface judging ] at least one or as a result of [ preview road surface judging ], and the precision of a preview road surface judging can be improved.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing. The gestalt of this operation carries road surface judging equipment in a car, and judges a road surface condition (class of road surface).

[0022] As shown in drawing 1, the road surface judging equipment carried in the car of the gestalt of this operation The acceleration sensor (G sensor) 10 contained inside the tire which detects the acceleration generated inside a tire with rotation of a tire, and outputs an acceleration signal (G signal), and the sound pressure generated inside a tire with rotation of a tire are detected. It has been arranged the microphone (microphone) 12 contained inside the tire which outputs a sound pressure signal (S signal), and near the shaft of a tire, and has the encoder 14 which outputs one pulse for every predetermined angle of rotation according to rotation of a tire. The acceleration sensor 10 and the microphone 12 are arranged in the near location. Moreover, the G sensor 10 detects the acceleration of a car transit cross direction, when the sensor which detects the acceleration of one to 3 direction (one to 3 shaft) can be used and it detects one direction.

[0023] In addition, 17 is a tire tread, and acceleration and sound pressure usually show peak value, when the part which has not been grounded on the revolving road surface of a tire grounds on a road surface, and when the part grounded on the road surface separates from a road surface.

[0024] Moreover, the speed sensor which detects whenever [ car-body-speed ] (vehicle speed) on a car, and outputs a vehicle speed signal to it, the wheel pressure sensor which detects wheel pressure (oil pressure in the wheel cylinder of an oil brake), and outputs a wheel pressure signal, and the rudder angle sensor which detects the steering angle of a steering and outputs a rudder angle signal are attached.

[0025] An encoder 14 is connected to the encoder processing circuit 16 which performs wave processing of the pulse signal outputted from an encoder through the slip ring 15. The G sensor 10 In order to perform wave processing of G sensor signal, it connects with G sensor digital-disposal-circuit 18A prepared in the internal G processing circuit 18, and the microphone 12 is connected to microphone sound digital-disposal-circuit 20A prepared in the internal sound processing circuit 20 in order to perform wave processing of a microphone sound signal.

[0026] G sensor digital-disposal-circuit 18A which explained the internal G processing circuit 18 above, Reference-value store circuit 18B which changes the magnitude of thresholds L1-L4 according to a vehicle speed signal and a wheel pressure signal while memorizing the criteria acceleration wave which is a reference value, a criteria power spectrum, and the thresholds L1-L4 for a road surface judging, Time series value store circuit 18C which judges whether it is rectilinear-propagation transit according to a rudder angle signal, and memorizes G sensor signal of the time series in rectilinear-propagation transit according to a sampling period, Frequency-analysis circuit 18D which carries out frequency analysis of the G sensor signal inputted from G sensor digital-disposal-circuit 18A at the time of rectilinear-propagation transit, Wave comparator circuit 18E which presumes a road surface condition based on the wave of G sensor signal of the time series memorized by a criteria acceleration wave and time series value store circuit 18C (a road surface is judged), And it is constituted by power spectrum comparator circuit 18F which compare a criteria power spectrum with the power spectrum of G sensor signal, and presume a road surface condition.

[0027] A vehicle speed signal and a wheel pressure signal are inputted into reference-value store circuit 18B. To time series value store circuit 18C A rudder angle signal, encoder processing circuit 16 output, and a G sensor digital-disposal-circuit 18A output are inputted. To frequency-analysis circuit 18D G sensor signal outputted from rudder angle signal and G sensor digital-disposal-circuit 18A is inputted. To wave comparator circuit 18E The wave of G sensor signal outputted from the criteria acceleration wave and time series value store circuit 18C which were outputted from reference-value store circuit 18B is inputted. To power spectrum comparator circuit 18F The power spectrum of G sensor signal outputted from the criteria power spectrum from reference-value store circuit 18B and frequency-analysis circuit 18D is inputted.

[0028] Microphone sound digital-disposal-circuit 20A which explained the internal sound



processing circuit 20 above, Reference-value store circuit 20B which changes the magnitude of threshold  $L1' - L4'$  according to a vehicle speed signal and a wheel pressure signal while memorizing the reference-acoustic-pressure wave which is a reference value, a criteria power spectrum, and threshold  $L1' - L4'$  for a road surface judging, Time series value store circuit 20C which judges whether it is rectilinear-propagation transit according to a rudder angle signal, and memorizes the microphone sound signal of the time series in rectilinear-propagation transit according to a sampling period, Frequency-analysis circuit 20D which carries out frequency analysis of the microphone sound signal inputted from microphone sound digital-disposal-circuit 20A at the time of rectilinear-propagation transit, Wave comparator circuit 20E which compares the microphone sound signal of the time series memorized by a reference-acoustic-pressure wave and time series value store circuit 20C, and presumes a road surface condition, And it is constituted by power spectrum comparator circuit 20F which compare a criteria power spectrum with the power spectrum of a microphone sound signal, and presume a road surface condition.

[0029] A vehicle speed signal and a wheel pressure signal are inputted into reference-value store circuit 20B. To time series value store circuit 20C A rudder angle signal, encoder processing circuit 16 output, and a microphone sound digital-disposal-circuit 20A output are inputted. To frequency-analysis circuit 20D The microphone sound signal outputted from rudder angle signal and microphone sound digital-disposal-circuit 20A is inputted. To wave comparator circuit 20E The wave of the sound pressure signal outputted from the criteria acoustic wave form and time series value store circuit 20C which were outputted from reference-value store circuit 20B is inputted. To power spectrum comparator circuit 20F The power spectrum of the sound pressure signal outputted from the criteria power spectrum from reference-value store circuit 20B and frequency-analysis circuit 20D is inputted.

[0030] The wave comparator circuits 18E and 20E and the power spectrum comparator circuits 18F and 20F are connected to the road surface judging circuit 22 which judges a road surface by the majority of the road surface condition presumed in each comparator circuit.

[0031] To wave comparator circuit 18E, from reference-value store circuit 18B The thresholds  $L1-L4$  changed according to a criteria acceleration wave, and the vehicle speed and wheel pressure are inputted. To wave comparator circuit 20E, from reference-value store circuit 20B Threshold  $L1'$  changed according to a reference-acoustic-pressure wave, and the vehicle speed and wheel pressure -  $L4'$  are inputted. The criteria power spectrum of acceleration is inputted into power spectrum comparator circuit 18F from reference-value store circuit 18B. Next the criteria power spectrum of sound pressure is inputted into power spectrum comparator circuit 20F from reference-value store circuit 20B, with reference to drawing 2, the road surface state estimation manipulation routine of the gestalt of this operation is explained. Step 100 - step 108 are collectively explained, although it is the processing performed in each of the time series value store circuits 18C and 20C and step 110 is processing performed in the wave comparator circuits 18E and 20E. Moreover, in this road surface state estimation manipulation routine, the desiccation way is beforehand given as initial value of a road surface state estimation result.

[0032] At step 100, when it judges whether the car is carrying out rectilinear-propagation transit based on the rudder angle signal and the car is carrying out rectilinear-propagation transit, in step 102, if it is a sampling period, G signal and an encoder output signal will be incorporated, and if it is a sampling period, by time series value store circuit 20C, S signal and an encoder output signal will be incorporated at time series value store circuit 18C. In addition, if it is not at the sampling time, it will be made not to incorporate each signal.

[0033] At the following step 104, it judges whether the part corresponding to whether based on an encoder output signal, the part corresponding to the G sensor 10 of a tire tread and the installation part of a microphone 12 is grounding and a sensor installation part is located in the touch-down section, and judges whether it is touch-down termination in step 106. In not being touch-down termination (i.e., when the part corresponding to a sensor installation part is located in the touch-down section), in step 108, in time series value store circuit 18B, G signal and an encoder output signal are memorized, and it memorizes S signal and an encoder output signal by time series value store circuit 20B.

[0034] Consequently, G signal and an encoder output signal are memorized in order by time

series value store circuit 18B as a time series value for every sampling period, and S signal and an encoder output signal are memorized in order by time series value store circuit 20B as a time series value for every sampling period.

[0035] On the other hand, when judged as touch-down termination at step 106 In step 110, the time series value from the touch-down initiation memorized by time series value store circuit 18C to touch-down termination is inputted into wave comparator circuit 18E. While road surface presumption processing by the acceleration wave is performed using the criteria acceleration wave and threshold which are inputted from the reference-value store circuit Road surface presumption processing by the sound pressure wave is performed using the reference-acoustic-pressure wave and threshold as which the time series value from the touch-down initiation memorized by time series value store circuit 20C to touch-down termination is inputted into wave comparator circuit 20E, and is inputted from reference-value store circuit 20B. About the detail of this road surface judging, it mentions later.

[0036] And at step 112, in order to perform the road surface judging at the time of next sensor installation part touch-down, time series value store circuit 18C and the time series data memorized in 20C of each are eliminated.

[0037] Next, the detail of the road surface state estimation processing in step 110 performed in each of the wave comparator circuits 18E and 20E with reference to drawing 3 is explained. In addition, since the processing performed in each of the wave comparator circuits 18E and 20E is the same, only one side is explained. Moreover, in explanation, a reference value, and a call and the time series value of G signal (or S signal) are only called a time series value, and a criteria acceleration wave (or reference-acoustic-pressure wave) is only explained. In addition, in the road surface state estimation processing by the acceleration wave, thresholds L1-L4 are used, and, in the road surface state estimation processing by the sound pressure wave, threshold L1' - L4' is used.

[0038] At step 116, the variance sigma of a reference value and a time series value is computed. In addition, Variance sigma is computed using the reference value and time series value in each of the same tire angle-of-rotation location obtained from an encoder output signal. In addition, you may make it use the correlation coefficient which replaces with this variance sigma and expresses correlation with a reference value and a time series value.

[0039] At the following step 118, it judges whether Variance sigma is larger than threshold K. Variance sigma is running the way (inside mu way) on the snow which the car is running the road surface in the condition of having differed from the criteria road surface in being larger than threshold K, namely, hydroplaning has generated and which is running the Hikami way (low mu way), or since there is possibility of running the bad road, the accumulation value co2 of the variance sigma which carried out weighting in step 124 is calculated according to the following formulas.

[0040]

$co2 = k1, co2 + k2, \text{ and } \sigma \dots (1)$

In addition, the weighting factor k1 to the accumulation value co2 of the past distribution sigma is made larger than the weighting factor k2 to the current variance sigma, and even if the current variance sigma changes rapidly, he is trying for k1 and k2 to be weighting multipliers, and for the accumulation value co2 of Variance sigma not to change rapidly according to this. When it runs the part (a part for or concave heights) were partially [ on a road surface ] ruined by this, even if Variance sigma changes a lot temporarily, the incorrect judging of a road surface can be prevented.

[0041] since the difference of the acceleration for every road surface of an instant wave appears notably with the rise of the vehicle speed and wheel pressure at the time of braking and driving control so that it may explain below, in order [ moreover, ] to be able to carry out a road surface judging in an instant -- step 120 -- setting -- the time of braking and driving control \*\*\*\*\* -- judging -- the case at the time of braking and driving control -- step 122 -- a weighting factor k1 -- he makes it small (for example, 0), and is trying to calculate the accumulation value co2 Thereby, since a road surface condition is presumed only based on the present variance, a field condition can be judged in an instant.

[0042] At step 126 – step 140, a road surface condition is presumed as compared with the accumulation value  $co2$  or a threshold. In addition, in presumption of the road surface condition by the acceleration wave, the magnitude of thresholds  $L1-L4$  so that it may mention later So that it may be  $L1 < L2 < L3 < L4$  and the magnitude of threshold  $L1' - L4'$  may be mentioned later again in presumption of the road surface condition by the sound pressure wave It is  $L1' < L2' < L3' < L4'$ , and, as for each of thresholds  $L1-L4$  and  $L1' - L4'$ , magnitude is changed according to transit conditions, such as the vehicle speed and wheel pressure, in the reference-value store circuit.

[0043] When presumption of the road surface condition by the acceleration wave is explained in full detail, at step 126 Compare the accumulation value  $co2$  with a threshold  $L1$ , and when the accumulation value  $co2$  is less than [ threshold  $L1$  ] When a road surface state estimation result is not changed but the accumulation value  $co2$  exceeds a threshold  $L1$ , step 128 compares the accumulation value  $co2$  and a threshold  $L2$ , and when the accumulation value  $co2$  is less than [ threshold  $L2$  ], the Hikami way is presumed at step 130.

[0044] On the other hand, when the accumulation value  $co2$  exceeds a threshold  $L2$ , step 132 compares the accumulation value  $co2$  and a threshold  $L3$ , and when the accumulation value  $co2$  is less than [ threshold  $L3$  ], it is presumed that hydroplaning has occurred at step 134. And when the accumulation value  $co2$  exceeds a threshold  $L3$ , step 136 compares the accumulation value  $co2$  and a threshold  $L4$ , when the accumulation value  $co2$  is less than [ threshold  $L4$  ], a way on the snow is presumed at step 138, and when the accumulation value  $co2$  exceeds a threshold  $L4$ , bad roads, such as ballast, are presumed at step 140. In addition, a road surface condition can be presumed like the above only by thresholds differing in presumption of the road surface condition by the sound pressure wave.

[0045] The accumulation value  $co2$  is decreased by subtracting the predetermined value  $n$  from the accumulation value  $co2$  in step 142, when Variance  $\sigma$  is judged to be below threshold  $K$  at step 122, and a desiccation way is presumed at step 148, using the accumulation value  $co2$  as 0 at step 146, when it judges whether the accumulation value  $co2$  became negative at step 144 and becomes negative. When the accumulation value  $co2$  is zero or more, this routine is ended without changing a road surface state estimation result.

[0046] Next, presumption of a road surface condition is explained to a detail. Drawing 4 (a) The moment wave when measuring the acceleration of the car transit cross direction of the interior at the time of the studless tire touch-down at the time of carrying out stationary transit by vehicle speed 30 km/h by G sensor to – (b) in each road surface (a desiccation way, a way on the snow, the Hikami way, and bad road) and the desiccation way reference waveform which equalized the moment wave for every touch-down at the time of desiccation way transit in each touch-down location are shown. Drawing 4 (a) The axis of abscissa of – (b) shows the touch-down location of the tread section corresponding to the installation part of G sensor obtained by the encoder output signal. The case where the tread section corresponding to the installation part of G sensor is located at the core of the touch-down section is made into criteria (0). From the treading-in side which the tread section corresponding to the installation part of G sensor grounded, the tread section corresponding to the installation part of G sensor separates from a road surface, and begins to kick, and a side is made into the touch-down section. – The acceleration wave when the tread section corresponding to the installation part of G sensor moves in the direction of 25cm to +25cm is shown.

[0047] In the case of the desiccation way shown in drawing 4 (a), from the comparison with a wave and a reference waveform at the moment In the case of the way on the snow which the moment wave of the touch-down section and the reference waveform are carrying out abbreviation coincidence since deformation of the tire at the time of touch-down is the same each time, and is shown in drawing 4 (b) In the case of the Hikami way which the moment wave of the touch-down section is not in agreement with a reference waveform for surface collapse of a road surface, and is shown in drawing 4 (c) The gap has arisen in the acceleration wave in the touch-down front end by slipping, in the case of the bad road shown in drawing 4 (d), the acceleration wave is vibrating violently with ballast etc., and he can understand that the configuration wave-like at the moment is changing with road surfaces from these except a

desiccation way.

[0048] The moment acceleration of the car transit cross direction at the time of the tire touch-down at the time of using the Normal tire and carrying out stationary transit of the artificial low mu way with the vehicle speed of 50km/h and the moment acceleration of a car transit cross direction when a tire comes floating are shown in drawing 5 as compared with a desiccation way reference waveform. Although a moment wave when the tire has grounded carries out abbreviation coincidence with a desiccation way reference waveform from drawing as explained also above, he can understand that the desiccation way reference waveform of a moment wave [ when a tire comes floating ] does not correspond.

[0049] The time series data of the variance of the acceleration of the car transit cross direction obtained for every studless tire touch-down in each road surface (a desiccation way, a way on the snow, the Hikami way, and bad road) at the time of carrying out stationary transit by vehicle speed 30 km/h are shown in drawing 6 (a), and the enlarged drawing is shown in it at drawing 6 (b). He can understand that a variance averages in order of a bad road, a way on the snow, the Hikami way, and a desiccation way, and it is small so that I may be understood from drawing.

[0050] The time series data of the variance of the acceleration of the car transit cross direction of the Normal tire in each road surface of the low mu way at the time of carrying out stationary transit with the vehicle speed of 50km/h, an inside mu way, and a quantity mu way are shown in drawing 7 (a), and the same time series data as drawing 7 (a) at the time of carrying out stationary transit by vehicle speed 70 km/h are shown in drawing 7 (b). He can understand that the variance of the moment hydroplaning has arisen from drawing, so that the vehicle speed becomes high is large.

[0051] Therefore, the thresholds L1-L4 for the road surface state estimation at the time of using an acceleration wave can understand  $L1 < L2 < L3 < L4$ , then a good thing respectively.

[0052] In addition, the measurement result of above-mentioned drawing 4 - drawing 7 is the same also about sound pressure. Therefore, threshold L1' for the road surface state estimation at the time of using a sound pressure wave - L4' can understand  $L1' < L2' < L3' < L4'$ , then a good thing respectively.

[0053] He can understand that a road surface condition can be judged from the comparison with the magnitude of the variance of a reference waveform and a time series value, and a threshold the above result. In addition, although the above explained the example which makes a reference value the acceleration wave and sound pressure wave in a desiccation way, it is good also considering the acceleration wave and sound pressure wave when running other road surfaces as a reference value.

[0054] Drawing 8 shows the desiccation way criteria acceleration wave at the time of carrying out stationary transit using a studless tire with vehicle speed 30 km/h and the vehicle speed of 50km/h (in the case of wheel pressure 0). The acceleration in a touch-down edge serves as abbreviation 0 from drawing during about 300 m/s<sup>2</sup> and the touch-down section by about 100 m/s<sup>2</sup> and vehicle speed 50 km/h by vehicle speed 30 km/h. This reason is explained below.

[0055] Drawing 9 shows the situation of deformation of the tire at the time of tire touch-down. Since a tire ground plane deforms at the time of touch-down so that it may become a flat surface compulsorily along with a road surface, the tire radius R0 changes momentarily in the touch-down first transition Cf and the touch-down trailing edge Cr, and a system of particles serves as movement which moves to radial in the touch-down first transition Cf and the touch-down trailing edge Cr, rotating. Moreover, since a tire ground plane will ground and carry out translational motion to a road surface during touch-down, the acceleration of a tire ground plane is set to 0 in the time of stationary transit.

[0056] The vector diagram of the acceleration of movement which P points at the tip of Vector R move in the direction of vector R while rotating comes to be shown in drawing 10, when omega is made into wheel speed. By drawing 10, wheel speed omega makes a counterclockwise rotation forward, and shows  $dR/dt > 0$ ,  $d^2 R/dt^2 > 0$ , and the direction of each vector in  $d\omega/dt > 0$ .

[0057] If it considers that the periphery of the part in which G sensor was attached is the system of particles which exists in P points at the tip of Vector R, in the touch-down first

transition Cf and the touch-down trailing edge Cr at the time of stationary transit, the acceleration alpha shown by the degree type according to Coriolis force to a system of particles will occur.

[0058]

$\alpha = 2 (dR/dt)$  and  $\omega$  ... (2)

However, (2) types show the acceleration of the tangential direction in a steady state in case frictional force does not act.

[0059] Drawing 11 shows the physical relationship of the system of particles from the datum line by making into the datum line the straight line which connects a ground-plane core and the center of rotation. The radius of gyration R at the time of the touch-down of the system of particles which is rotating the tire radius R0 top with rotational speed  $\omega$  (it is the same as the magnitude of Vector R) is expressed with the following formulas from drawing 11.

[0060]

$R = R_0 \cos \theta / \cos \theta \omega$  ... (3)

In addition,  $\theta$  is an angle (it can calculate from touch-down length) which the straight line which connects a touch-down edge (touch-down first transition or touch-down trailing edge) and the center of rotation, and the datum line constitute, and  $t$  is the elapsed time on the basis of the location of the datum line.

[0061] When R of the above-mentioned (3) formula is differentiated by time amount, change  $dR/dt$  of a radius of gyration is expressed with the following formulas.

$dR/dt = R_0 \sin \theta \omega$  and  $\cos \theta - \sin \theta \omega - \omega / (\cos \theta \omega)^2$  ... (4)

(4) A degree type will be obtained if a formula is substituted for (2) types.

[0062]

$\alpha = 2, R_0$ , and  $\cos \theta - \sin \theta \omega - \omega / (\cos \theta \omega)^2$  ... (5)

From the above-mentioned (5) formula, since the acceleration alpha of the moment the tire grounded is proportional to the square of wheel speed, it is necessary to also change thresholds L1-L4 according to wheel speed or the vehicle speed.

[0063] Here, if it asks for the acceleration alpha in the touch-down first transition Cf and the touch-down trailing edge Cr ( $\omega = \theta$ ) at the time of vehicle speed 30 km/h and vehicle speed 50 km/h transit, using as 14.5 degrees  $\theta$  which calculated the tire radius R0 from 0.314m and touch-down length, it will become as it is shown in the following tables, and the acceleration of the touch-down first transition Cf and the touch-down trailing edge Cr has the same magnitude, and a direction becomes reverse.

[0064]

[Table 1]

車速	加速度 $\alpha$	
	接地前縁 Cf	接地後縁 Cr
30 km/h	- 116 m/s <sup>2</sup>	116 m/s <sup>2</sup>
50 km/h	- 323 m/s <sup>2</sup>	323 m/s <sup>2</sup>

<TXF FR=0002 HE=215 WI=080 LX=0200 LY=0650> [0065] Drawing 12 (a) - (c) shows the acceleration wave at the time of braking from the condition which is running the desiccation way, the way on the snow, and the Hikami way by 50 km/h using a studless tire (an instant wave and desiccation way reference waveform at the time of stationary transit). Moreover, the numeric value indicated on the left-hand side of drawing shows wheel pressure Pc at the time of plot data being obtained, the vehicle speed V, and slip ratio lambda.

[0066] I am understood from drawing 12 -- as -- abbreviation -- each instant waves differ also in the same wheel pressure. That is, on the way on the snow, it is intense and surface collapse of a road surface has become [ the wave ] in vibration. On the Hikami way, the crest where the field where acceleration becomes 0 in tire touch-down first transition made breadth and an acceleration peak top-most vertices is thin. Slipping arises, the passing speed of a tread becomes slow, since the residence time of G sensor in the same touch-down location is long as

compared with the time of stationary transit, this cause has the small change rate of a tire radius, and it is because it is observed as completed by the acceleration by the Coriolis force at the time of touch-down. Above, although the acceleration at the time of braking was explained, the same is said of the time of a drive, and is said of sound pressure.

[0067] thus -- braking and driving control -- the time -- \*\*\*\* -- desiccation -- a way -- criteria -- acceleration -- a wave -- a gap -- large -- becoming -- a sake -- desiccation -- a way -- a stationary -- transit -- the time -- acceleration -- a wave -- and -- sound pressure -- a wave -- from -- a road surface -- a condition -- presuming -- a sake -- a threshold -- L -- one - L -- four -- L -- one -- ' - L -- four -- ' -- magnitude -- it is necessary to change . That is, it is necessary to change thresholds L1-L4 and the magnitude of L1' - L4' according to the vehicle speed and wheel pressure. moreover, since the difference of the acceleration for every road surface of an instant wave appeared notably with the rise of wheel pressure at the time of braking and driving control, it explained above -- as -- a weighting factor k1 -- it is desirable that it is made small (for example, 0) and can be made to carry out in an instant a road surface judging.

[0068] Next, the road surface condition judging manipulation routine in the frequency-analysis circuits 18D and 20D and the power spectrum comparator circuits 18F and 20F of a gestalt of the above-mentioned operation is explained. In addition, the road surface condition judging processing in the power spectrum comparator circuits 18F and 20F is the same. The spectrum of the specific frequency of acceleration analyzed as the specific frequency spectrum (criteria power spectrum) of acceleration when carrying out stationary transit of the desiccation way in power spectrum comparator circuit 18F is compared. Since the road surface condition is presumed by comparing the spectrum of the specific frequency of sound pressure analyzed as the specific frequency spectrum (criteria power spectrum) of sound pressure when carrying out stationary transit of the desiccation way in power spectrum comparator circuit 20F, it explains collectively.

[0069] In step 160, when it judges whether it is under [ rectilinear-propagation transit ] \*\*\*\*\* based on a rudder angle signal and is [ rectilinear-propagation ] under transit, if it is in frequency-analysis circuit 18D in step 162 at the sampling time, and it is in G signal and frequency-analysis circuit 20D at the sampling time, S signal will be incorporated, and if it is not at the sampling time, it will be made not to perform incorporation of G signal (or S signal) in each frequency-analysis circuit respectively.

[0070] At the following step 164, at frequency-analysis circuit 18D, the spectrum value in the specific frequency of G signal is extracted, and by frequency-analysis circuit 20D, the spectrum value in the specific frequency of S signal is extracted, and it outputs to each of a power spectrum comparator circuit. The extract of a spectrum can use technique, such as FFT, a band pass filter, and wavelet transform. At step 166, the criteria power spectrum in the specific frequency inputted from the spectrum value extracted in the power spectrum comparator circuit and the reference-value store circuit is compared, and a road surface condition is presumed.

[0071] The frequency spectrum of the acceleration when using a studless tire for drawing 14 (a) and (b), and carrying out stationary transit of each road surface (a desiccation way, a way on the snow, the Hikami way, and ballast bad road) by vehicle speed 30 km/h and vehicle speed 50 km/h is shown. In each vehicle speed, the spectrums near 300-500Hz (load noise frequency region) differ on each road surface. Therefore, a road surface condition can be presumed by comparing the spectrum (criteria power spectrum) of the specific frequency when running the desiccation way with the spectrum (power spectrum) of the specific frequency from a frequency-analysis circuit. In addition, although the frequency spectrum of acceleration was explained above, the same is said of the frequency spectrum of sound pressure, and a road surface condition can be presumed by comparing with a criteria power spectrum.

[0072] The presumed result in wave comparator circuit 18E presumed as mentioned above (presumed result by G wave comparison), The presumed result (presumed result by S wave form comparison) in wave comparator circuit 20E, the presumed result (presumed result by G spectrum comparison) of power spectrum comparator circuit 18F, And as the presumed result (presumed result by S spectrum comparison) of power spectrum comparator circuit 20F is



shown in drawing 1 and drawing 15, it is inputted into the road surface judging circuit 22, and a road surface judging is performed by majority. Two or more presumed results of having brought the same presumed result are judged as a transit road surface at present by this.

[0073] Since G sensor and the sound pressure sensor are arranged inside a tire according to the gestalt of this operation as explained above, there is little effect of alien frequencies, and it can perform a road surface judging with the practical sampling frequency which is 1~5kHz.

[0074] Next, the gestalt of operation of the 2nd of this invention is explained. As explained above, since the road surface judging using each signal of the acceleration inside the tire of the gestalt of the 1st operation and sound pressure is carrying out direct detection of the contact condition of a tire and a road surface, it can obtain a judgment result with a high precision. For this reason, he is trying to correct the threshold of the preview road surface judging in the car control device which controls a car based on a preview road surface judging result with the gestalt of the 2nd operation using the road surface judging result of the gestalt of the 1st operation.

[0075] The gestalt of this operation is constituted including the road surface judging equipment 50 explained with the gestalt of the 1st operation, preview road surface judging equipment 52, the mottling way detector 54, the preview result majority circuit 56, the threshold correction circuit 58, and the car control unit 60, as shown in drawing 16.

[0076] It consists of electric eyes which receive the exposure machine which irradiates infrared light towards a road surface, and the reflected light from the road surface of the infrared light which irradiated to preview road surface judging equipment 52, and output an electrical signal to it, and the road surface condition judging equipment 52 A using infrared light which judges a road surface condition using the absorption wavelength of the infrared light to water (liquid) differing from the absorption wavelength of the infrared light to ice (solid-state) is prepared. By this road surface condition judging equipment 52A, infrared light is irradiated at a road surface, the reflected light which passed the 1st filter which passes the light of a water absorption wavelength region, and the 2nd filter which passes the light of an icy absorption wavelength region is received by the electric eye, and the light-receiving level IL of the reflected light which passed the 1st filter is compared with the light-receiving level IR of the reflected light which passed the 2nd filter. In  $IR < IL$ , it judges that it is the case where infrared light was absorbed and the light-receiving level IR falls on ice, and it is judged to be a freezing way. On the contrary, in  $IR > IL$ , it judges that it is the case where infrared light was absorbed and the light-receiving level IL falls bywater, and it is judged to be a humid way.

[0077] When only this road surface condition judging equipment 52A is used, either judgment result of a freezing way and a humid way is outputted, and it becomes an incorrect judging at the time of the other road surface transit. For this reason, threshold Iice of the light-receiving level of a freezing way and threshold Iwet of the light-receiving level of a humid way are prepared, and it judges as follows.

- Judge with a freezing way at the time of  $IR < IL$  and  $IL < I_{ice}$ .
- Judge with a humid way at the time of  $IR > IL$  and  $IR < I_{wet}$ .
- When filling above neither, consider as other road surfaces.

[0078] Moreover, threshold Iice of light-receiving level and Iwet are made to fluctuate, as it is based on the judgment result of road surface judging equipment 50 in the threshold correction circuit 58 and is shown in the following tables.

[0079]

[Table 2]

赤外光に基づく路面判定結果

タイヤ内部信号に基づく  
判定結果(基準値)

	凍結路	湿潤路	それ以外
凍結路		—	Iice down
湿潤路	—		Iwet down
それ以外	Iice up	Iwet up	

[0080] The judgment result based on the interior signal of a tire is a freezing way, and since possibility of being a freezing way when the judgment result based on infrared light is other is high, threshold Iice is reduced so that I may be understood from Table 2, the judgment result based on the interior signal of a tire is a humid way, and when the judgment result based on infrared light is other, since possibility of being a humid way is high, threshold Iwet is reduced. Moreover, since a certain possibility is high, each of threshold Iice and Iwet is made to increase by in addition to this coming out, even if the judgment result based on infrared light is a freezing way or a humid way when the judgment results based on the interior signal of a tire are others.

[0081] Moreover, it consists of electric eyes which receive the reflected light from the road surface of the light which irradiated to preview road surface judging equipment 52 through the slit array equipped with two or more slits with the exposure machine which irradiates light towards a road surface, and output an electrical signal to it. Road surface condition judging equipment 52B using light which judges a road surface condition using the spectrum of the light which received light through the slit array changing with road surfaces in a low frequency field is prepared. By this road surface condition judging equipment 52B, light is irradiated at a road surface and the reflective level of the specular reflection light of the light which received light through the slit array, and diffuse reflection light is compared with the threshold of each road surface.

[0082] The value which normalized the reinforcement Db of the frequency component in a predetermined low frequency band in road surface condition judging equipment 52B with the reinforcement Da of the space center frequency f0 equivalent to the passing speed of a vehicle (frequency component intensity ratio  $Db/Da$ ), The ratio of the reinforcement Da and Df of the component contained about each of specular reflection light and diffuse reflection light in the frequency band centering on each space center frequency (reflected light ratio  $Df/Da$ ), Each of the rate Rv (ratio of the amount of reflected lights to the amount of floodlighting to a road surface LD) of the reflected light of diffuse reflection light is compared with thresholds TH1, TH2, TH3, THc, THd1, THd2, and The, and a road surface condition is judged as follows.

- Judge with a humid way at the time of  $Db/Da \leq TH1$ ,  $Db/Da \leq TH2$ , and  $Df/Da > THd1$ .
- Judge with a desiccation road surface at the time of the time of  $Db/Da \leq TH1$ ,  $Db/Da \leq TH2$ , and  $Df/Da \leq THd1$  or  $Db/Da \leq TH3$ , and  $Df/Da \leq THd2$ .
- Judge with a ballast road surface at the time of the time of  $Db/Da \leq TH1$  and  $Db/Da > TH2$  or  $Db/Da > TH3$ , and  $Rv \leq THc$ .
- Judge with a snow coverage road surface at the time of the time of  $Db/Da > TH1$  or  $Db/Da > TH3$ , and  $Rv > THc$ .
- Judge with a freezing way at the time of  $Db/Da \leq TH3$  and  $Df/Da > THd2$ .

[0083] When only this road surface condition judging equipment 52B is used, since reflectivity changes with the dirt condition of a road surface, when the fixed threshold is used, an exact road surface judging becomes impossible [ a way on the snow and a freezing way ]. Then, the threshold related as the threshold correction circuit 58 is shown in the following table 3 is made to fluctuate.

[0084] Namely, when the judgment result of road surface condition judging equipment 52B differs from the judgment result based on the interior signal of a tire on the basis of the judgment result based on the interior signal of a tire, a threshold is fluctuated in the direction in which the judgment result based on the interior signal of a tire is obtained by road surface condition judging



equipment 52B.

[0085]

[Table 3]

光に基づく路面判定結果

	乾燥路	砂利路	湿潤路	積雪路	凍結路
乾燥路		—	THd1 down	THc up	TH3 down
砂利路*	—		TH2 down	THc up	TH3 down
湿潤路	THd1 up	TH2 up		TH1 up	TH3 down
積雪路	—	—	TH1 down		TH3 down
凍結路	—	—	—	TH3 up	

※：本出願は、砂利判定の記載はないが、湿潤判定で砂利路検出できるものとする。

[0086] For example, it is the case where the judgment result based on the interior signal of a tire is a desiccation way, when the judgment result of road surface condition judging equipment 52B is a humid way, a threshold THd1 is decreased, when the judgment result of road surface condition judging equipment 52B is a snow coverage way, a threshold THc is made to increase, and when the judgment result of road surface condition judging equipment 52B is a freezing way, a threshold TH3 is decreased.

[0087] Moreover, it consists of receivers which receive the exposure machine which irradiates a supersonic wave towards a road surface, and the reflected wave from the road surface of the supersonic wave which irradiated to preview road surface judging equipment 52, and output an electrical signal to it, and road surface condition judging equipment 52 C using a supersonic wave which judges a road surface condition using a desiccation way (or a humid way) differing from a snow-coverage way (or freezing way) in the level of the reflected wave which received is prepared. In this road surface condition judging equipment 52C, a supersonic wave is irradiated at a road surface, if the receiving level of a reflected wave is in setting tolerance, it will judge with a desiccation way (or humid way), and if the receiving level of a reflected wave is outside setting tolerance, it will judge with a snow coverage way (or freezing way).

[0088] When the judgment result of road surface condition judging equipment 52 C differs from the judgment result based on the interior signal of a tire on the basis of the judgment result based on the interior signal of a tire as shown in Table 4 since an incorrect judging will arise in the road surface judging result based on a supersonic wave if setting tolerance is not suitable, in road surface condition judging equipment 52 C, setting tolerance fluctuates in the direction in which the judgment result based on the interior signal of a tire is obtained by road surface condition judging equipment 52 C.

[0089] For example, in the case of a snow coverage way (or freezing way), the road surface judging result by road surface condition judging equipment 52C makes setting tolerance small to the judgment result based on the interior signal of a tire being a desiccation way (or humid way).

[0090]

[Table 4]

超音波に基づく路面判定結果

	乾燥路 (湿潤路)	積雪路 (凍結路)
乾燥路 (湿潤路)		範囲を 小さくする
積雪路 (凍結路)	範囲を 大きくする	

[0091] And a road surface is photoed to preview road surface judging equipment 52 with a camera, the image information from a camera is changed into it to monochrome image information, the condition of brightness distribution of the color of monochrome image information is judged, and when brightness is more than a threshold, road surface condition judging equipment 52D judged to be a thing with snow coverage is prepared. In this road surface condition judging equipment 52D, since the color of a road surface changes with the dirt condition of a way on the snow, if the fixed threshold is used, the incorrect judging of a road surface condition may be produced.

[0092] For this reason, as shown in Table 5, when the judgment result of road surface condition judging equipment 52D differs from the judgment result based on the interior signal of a tire on the basis of the judgment result based on the interior signal of a tire, a threshold is fluctuated in the direction in which the judgment result based on the interior signal of a tire is obtained by road surface condition judging equipment 52D.

[0093] For example, to the judgment result based on the interior signal of a tire being a desiccation way, when the road surface judging result by road surface condition judging equipment 52D is a snow coverage way, a threshold is decreased.

[0094]

[Table 5]

画像に基づく路面判定結果		
タイヤ内部信号に基づく判定結果 (基準値)		乾燥路
	乾燥路	明るさのしきい値 down
	積雪路	明るさのしきい値 up

[0095] With the gestalt of this operation, road surface judging equipment 50 is used for correction of the threshold in the threshold correction circuit 58 etc., and a judgment result is not outputted to the car control unit 60 in the usual condition.

[0096] However, when the road surface (mottling way) on which snow, ice, a desiccation part, etc. are intermingled with the image photoed with the camera by the mottling detector 54 connected to the camera of road surface condition judging equipment 52D is detected, it switches with the output from the mottling detector 54, equipment 62 is switched, and it is made to perform car control based on the judgment result of road surface judging equipment 52.

[0097] In addition, although the gestalt of the 2nd operation of the above explained the example which corrects the threshold of preview road surface judging equipment, you may make it correct the judgment result of road surface condition judging equipment prepared in preview road surface judging equipment. Moreover, what is necessary is not to be limited to the number and just to prepare at least one, although the gestalt of the 2nd operation explained the example which used 4 road-surface condition judging equipment.

[0098]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, an acceleration sensor and a sound pressure sensor are arranged inside a tire. The judgment result by the reference waveform and the detected acceleration wave; the judgment result according to a wave whenever [ reference-waveform and sound pressure / which was detected ], Since the road surface is judged by the majority of the judgment result by the criteria power spectrum and the power spectrum of the detected acceleration, and the judgment result of a criteria power spectrum and the power spectrum of the detected sound pressure, The effectiveness that a road surface can be judged with a sufficient precision with a practical sampling frequency, without being influenced by alien frequencies is acquired.

[0099] Moreover, since he is trying to correct the threshold or judgment result of preview road surface judging equipment based on the judgment result of the road surface judging equipment which can judge a road surface with a sufficient precision with a practical sampling frequency,

without being influenced by alien frequencies, the effectiveness that an accurate preview judging result can be obtained is acquired.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart showing the manipulation routine of the wave comparator circuit of drawing 1 .

[Drawing 3] It is the flow chart showing the detail of road surface judging processing of drawing 2 .

[Drawing 4] The diagram showing the acceleration wave inside a tire [ in / in (a) / a desiccation way ], the diagram showing the acceleration wave inside a tire [ in / in (b) / a way on the snow ], the diagram showing the acceleration wave inside a tire [ in / in (c) / the Hikami way ], and (d) are the diagrams showing the acceleration wave inside the tire in a bad road.

[Drawing 5] It is the diagram comparing and showing the acceleration wave inside a tire with the case where it does not ground with the case where a tire grounds.

[Drawing 6] (a) is the diagram showing the variance in each road surface, and (b) is the enlarged drawing of (a).

[Drawing 7] (a) is the diagram showing the distributed value change in each road surface in case the vehicle speed is 50 km/h, and (b) is the diagram showing the distributed value change in each road surface in case the vehicle speed is 70 km/h.

[Drawing 8] It is the diagram showing the change of an acceleration wave according to the vehicle speed.

[Drawing 9] It is a schematic diagram explaining deformation of the tire at the time of tire touch-down.

[Drawing 10] It is the diagram showing the vector diagram of the acceleration of P points in the case of rotating while Vector R changes in the die-length direction.

[Drawing 11] It is a diagram explaining the Coriolis force produced according to the tire deformation at the time of tire touch-down.

[Drawing 12] The diagram showing the acceleration wave inside the tire [ (a) ] at the time of braking of a desiccation way, the diagram showing the acceleration wave inside the tire [ (b) ] at the time of braking of a way on the snow, and (c) are the diagrams showing the acceleration wave inside the tire at the time of braking of the Hikami way.

[Drawing 13] It is the flow chart showing the manipulation routine of the power spectrum comparator circuit of drawing 1 .

[Drawing 14] The diagram in which (a) shows the frequency spectrum of the interior acceleration of a tire in each road surface in case the vehicle speed is 30km/h, and (b) are diagrams in which the vehicle speed shows the frequency spectrum of the interior acceleration of a tire in each road surface in the case of being 50 km/h.

[Drawing 15] It is the flow chart showing the flow of processing of the road surface judging equipment of drawing 1 .

[Drawing 16] It is the block diagram of the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

### [Description of Notations]

10 G Sensor

12 Microphone

14 Encoder  
15 Slip Ring  
17 Tire Tread

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-340863

(P2002-340863A)

(43)公開日 平成14年11月27日(2002.11.27)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 N 29/00

識別記号

F I

G 0 1 N 29/00

テーマコード(参考)

2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願2001-144440(P2001-144440)

(22)出願日 平成13年5月15日(2001.5.15)

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(72)発明者 山口 裕之

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 浅野 勝宏

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74)代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外1名)

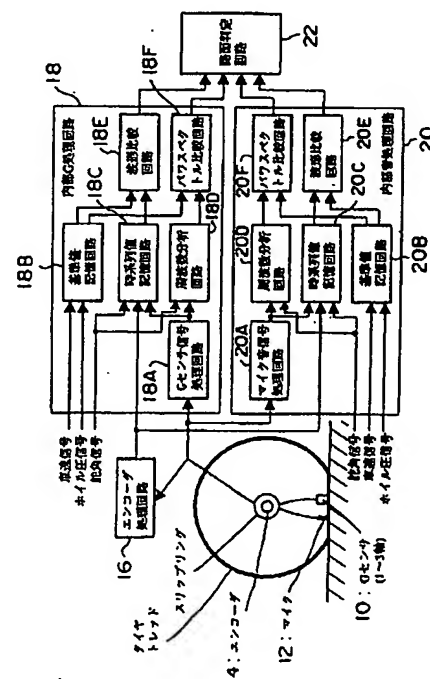
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 路面判定装置及びシステム

(57)【要約】

【課題】実用的なサンプリング周波数で路面状態を精度良く検出する。

【解決手段】タイヤ内部には、加速度センサ10及び音圧センサ12が配置されている。波形比較回路18Eは加速度の基準波形と加速度信号の波形とに基づいて路面を判定し、波形比較回路20Eは音圧の基準波形と音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、パワースペクトル比較回路18Fは加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとの比較により路面を判定し、パワースペクトル比較回路20Fは音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとの比較により路面を判定し、路面判定手回路22は、路面判定結果の多数決により路面を判定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】タイヤ内部に配置され、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する加速度を検出して加速度信号を出力する加速度センサ、及びタイヤ内部に前記加速度センサと接近して配置され、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する音圧を検出し音圧信号を出力する音圧センサを備えた検出手段と、

予め定められた加速度の基準波形と加速度センサで検出された加速度信号の波形とに基づいて路面を判定すると共に、予め定められた音圧の基準波形と音圧センサで検出された音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、加速度波形に基づいた路面判定結果及び音圧波形に基づいた路面判定結果を出力する第1の路面判定手段と、  
予め定められた加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとを比較すると共に、予め定められた音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとを比較して路面を判定し、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果を出力する第2の路面判定手段と、  
加速度波形に基づいた路面判定結果、音圧波形に基づいた路面判定結果、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果、及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果から路面を判定する第3の路面判定手段と、  
を含む路面判定装置。

【請求項2】前記第1の路面判定手段は、前記タイヤの検出手段配置部分が路面に接地している区間を含む所定区間内で出力された加速度信号の波形及び音圧信号の波形を用いて路面を判定し、前記第2の路面判定手段は、前記所定区間内で出力された加速度信号及び音圧信号の各々から得られた加速度のパワースペクトル及び音圧のパワースペクトルを用いて路面を判定する請求項1記載の路面判定装置。

【請求項3】前記第1の路面判定手段は、前記加速度の基準波形と前記加速度信号の波形との分散値または相関係数、及び前記音圧の基準波形と前記音圧信号の波形との分散値または相関係数を算出し、算出された分散値または相関係数の各々と予め路面に応じて定められたしきい値とを比較することにより路面を判定する請求項1または2記載の路面判定装置。

【請求項4】請求項1～3のいずれか1項記載の路面判定装置と、  
路面に向けて光を照射し、路面からの反射光のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第4の路面判定手段、路面に向けて超音波を照射し、路面からの反射波のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第5の路面判定手段、及び路面を撮影し、撮影された画像の特徴量と該特徴量のしきい値とを比較して路面を判定する第6の路面判定手段の少なくとも1つを備えたブ

レビュー路面判定装置と、

前記第3の路面判定手段の判定結果に基づいて、前記レビュー路面判定装置のしきい値の少なくとも1つ、または第4の路面判定手段の判定結果、第5の路面判定手段の判定結果、及び第6の路面判定手段の判定結果の少なくとも1つを修正する修正手段と、  
を含む路面判定システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、路面判定装置及び路面判定システムに係り、特に、実用的なサンプリング周波数で精度良く路面を判定することができる路面判定装置及び路面判定システムに関する。

## 【0002】

20 【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】特開平6-258196号公報には、直進時にトーインによる横スリップによって生じたトレッド表面のゴムの共振レベルが、路面 $\mu$ によって変化することに着目し、サスペンション・アームに取り付けられた加速度センサからの信号に基づいて共振レベルのPSD値（パワースペクトル密度）を算出し、算出したPSD値を特定周波数のPSDテーブル値と比較して、路面状態を検出するタイヤ加速度を用いた路面状態検出装置が記載されている。

30 【0003】しかしながら、この技術では、対象とする周波数帯域が6kHz近傍であり、精度良く周波数分析を行なうためには少なくとも10倍の60kHz（周期換算で16ns）近傍でのサンプリングが必要になる。このように、トレッド表面のゴムの共振に着目した技術では、共振周波数を極めて高くする必要があるため、非実用的なレベルまでサンプリング周波数を高くせざるを得ない、という問題がある。

【0004】また、特開平8-298613号公報には、タイヤ付近の車体にマイクを設置し、タイヤと路面との間の摩擦に起因する走行音をマイクで計測し、バンドパスフィルタを用いると共にフーリエ変換により周波数分析を行ない、特定周波数におけるスペクトルを各路面のテーブル値と比較して路面状態を検出する技術が記載されている。

40 【0005】しかしながら、この技術では、タイヤ外部にマイクが設置されているので、エンジン音及び風切り音等の外部音の影響を受け易く、このため路面判定精度が低下する、という問題があった。

【0006】本発明は、上記問題点を解消するためになされたもので、1kHz～5kHz程度の実用的なサンプリング周波数で路面状態を精度良く検出することができる路面判定装置及び路面判定システムを提供することを目的とする。

## 【0007】

50 【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、タイヤ内部に配置され、タイヤの回転に伴

ってタイヤ内部に発生する加速度を検出して加速度信号を出力する加速度センサ、及びタイヤ内部に前記加速度センサと接近して配置され、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する音圧を検出し音圧信号を出力する音圧センサを備えた検出手段と、予め定められた加速度の基準波形と加速度センサで検出された加速度信号の波形とに基づいて路面を判定すると共に、予め定められた音圧の基準波形と音圧センサで検出された音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、加速度波形に基づいた路面判定結果及び音圧波形に基づいた路面判定結果を出力する第1の路面判定手段と、予め定められた加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとを比較すると共に、予め定められた音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとを比較して路面を判定し、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果を出力する第2の路面判定手段と、加速度波形に基づいた路面判定結果、音圧波形に基づいた路面判定結果、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果、及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果から、好ましくはこれらの路面判定結果の多数決の結果から路面を判定する第3の路面判定手段と、を含んで構成したものである。

【0008】まず、本発明の原理を説明する。乾燥路を定常走行しているときは、回転しているタイヤの路面に接地していない部分が路面に接地するときに（接地時）、トレッドの変形によりタイヤ内部では一定の加速度及び音圧を生じる。したがって、この一定の加速度及び音圧の各波形を基準とすることができる。

【0009】タイヤ路面間に水膜が存在していると、トレッドの変形が抑制されるため、接地時の加速度及び音圧の各波形が基準に対して変化する。

【0010】また、タイヤ路面間の摩擦係数が低下すると、トレッドの接地部の前縁部で滑りが生じるため、接地時の加速度及び音圧の各波形が基準に対して変化する。

【0011】そして、路面の凹凸が大きいと接地時の加速度及び音圧の各波形に大きな変化が生じる。

【0012】従って、乾燥路を定常走行しているときのタイヤ内部の加速度及び音圧の各波形を基準とし、走行時における基準からの変化を検出することで路面を判定することができる。

【0013】さらに、乾燥路を定常走行している時には、路面のミクロな凹凸によってタイヤゴムが振動し、タイヤ内部に加速度及び音圧を生じる。氷上路及びアスファルト路等の路面間の凹凸の相違により、ロードノイズ周波数域（100～500Hz付近）のタイヤゴムの振動が基準に対して変化する。

【0014】従って、乾燥路を定常走行しているときのタイヤ内部の加速度及び音圧スペクトルを基準とし、走

行時の特定周波数における基準パワースペクトルからの変化を検出することで路面を判定することができる。

【0015】本発明の加速度センサ及び音圧センサは、各々タイヤ内部に接近して配置されており、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する加速度及び音圧を各々検出して加速度信号及び音圧信号を各々出力する。

【0016】第1の路面判定手段は、加速度の基準波形と加速度信号の波形とに基づいて路面を判定すると共に、音圧の基準波形と音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、加速度波形に基づいた路面判定結果及び音圧波形に基づいた路面判定結果を出力する。また、第2の路面判定手段は、加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとを比較すると共に、音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとを比較して路面を判定し、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果を出力する。そして、第3の路面判定手段は、加速度波形に基づいた路面判定結果、音圧波形に基づいた路面判定結果、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果、及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果から路面を判定する。この場合これらの路面判定結果の多数決の結果から路面を判定すると効果的である。

【0017】本発明では、加速度センサ及び音圧センサをタイヤ内部に収納しているため、外部音に影響されることなく精度よく路面を判定することができる。また、タイヤ内部の加速度波形の比較及びパワースペクトルの比較により路面を判定しているため、サンプリング周波数を従来技術のように高くする必要がなく、実用的な範囲内でのサンプリングを行うことができる。

【0018】本発明では、第1の路面判定手段が、前記タイヤの検出手段配置部分が路面に接地している区間を含む所定区間内で出力された加速度信号の波形及び音圧信号の波形を用いて路面を判定し、前記第2の路面判定手段が、前記所定区間内で出力された加速度信号及び音圧信号の各々から得られた加速度のパワースペクトル及び音圧のパワースペクトルを用いて路面を判定するようにすることができる。このように、タイヤの検出手段配置部分が路面に接地している区間を含む所定区間内で出力された加速度信号及び音圧信号を用いることにより、必要な区間の信号のみ用いて路面の判定を行うことができるので、路面判定時間を短縮することができる。また、第1の路面判定手段で路面を判定する際には、加速度の基準波形と加速度信号の波形との分散値、及び音圧の基準波形と音圧信号の波形との分散値を算出し、算出された分散値と予め路面に応じて定められたしきい値とを比較することにより路面を判定することができる。なお、分散値に代えて相関係数を用いてもよい。なお、制動時及び駆動時には、路面 $\mu$ によって、ホイール圧及び



車速に対する加速度波形及び音圧波形が異なるので、しきい値は、ホイール圧及び車速に応じて変化させるのが好ましい。

【0019】上記の路面判定装置は、車両制御に使用されるプレビュー路面判定装置と組合せて路面判定システムとして構成することができる。この路面判定システムは、上記で説明したいずれかの路面判定装置と、路面に向けて光を照射し、路面からの反射光のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第4の路面判定手段、路面に向けて超音波を照射し、路面からの反射波のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第5の路面判定手段、及び路面を撮影し、撮影された画像の特徴量と該特徴量のしきい値とを比較して路面を判定する第6の路面判定手段の少なくとも1つを備えたプレビュー路面判定装置と、前記第3の路面判定手段の判定結果に基づいて、前記プレビュー路面判定装置のしきい値の少なくとも1つ、または第4の路面判定手段の判定結果、第5の路面判定手段の判定結果、及び第6の路面判定手段の判定結果の少なくとも1つを修正する修正手段と、を含んで構成されている。画像の特徴量としては、画像の明るさを用いることができる。

【0020】上記で説明したようにタイヤ内部の加速度及び音圧の各信号を用いた路面判定は、タイヤと路面との接触状態を直接検出しているため、精度が高い判定結果を得ることができる。このため、この精度が高い路面判定結果に基づいて、プレビュー路面判定のしきい値の少なくとも1つ、またはプレビュー路面判定結果の少なくとも1つを修正することによりプレビュー路面判定の精度を向上することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。本実施の形態は、路面判定装置を車両に搭載して路面状態（路面の種類）を判定するようにしたものである。

【0022】図1に示すように、本実施の形態の車両に搭載された路面判定装置は、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する加速度を検出して加速度信号（G信号）を出力するタイヤ内部に収納された加速度センサ（Gセンサ）10、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する音圧を検出して音圧信号（S信号）を出力するタイヤ内部に収納されたマイクロフォン（マイク）12、及びタイヤの軸付近に配置されて、タイヤの回転に応じて所定回転角毎に1つのパルスを出力するエンコーダ14を備えている。加速度センサ10及びマイク12は、接近した位置に配置されている。また、Gセンサ10は、1～3方向（1～3軸）の加速度を検出するセンサを用いることができ、1方向を検出する場合には、車両走行前後方向の加速度を検出する。

【0023】なお、17はタイヤトレッドであり、また、通常、加速度及び音圧は、回転しているタイヤの路

面に接地していない部分が路面に接地するとき、及び路面に接地している部分が路面から離れるときにピーク値を示す。

【0024】また、車両には、車体速度（車速）を検出して車速信号を出力する車速センサ、ホイール圧（油圧式ブレーキのホイールシリンダ内の油圧）を検出してホイール圧信号を出力するホイール圧センサ、ステアリングの操舵角を検出して舵角信号を出力する舵角センサが取り付けられている。

【0025】エンコーダ14は、スリップリング15を介してエンコーダから出力されるパルス信号の波形処理を行なうエンコーダ処理回路16に接続され、Gセンサ10は、Gセンサ信号の波形処理を行なうために内部G処理回路18に設けられたGセンサ信号処理回路18Aに接続され、マイクロフォン12は、マイク音信号の波形処理を行なうために内部音処理回路20に設けられたマイク音信号処理回路20Aに接続されている。

【0026】内部G処理回路18は、上記で説明したGセンサ信号処理回路18A、基準値である基準加速度波形及び基準パワースペクトル、及び路面判定用のしきい値L1～L4を記憶すると共に車速信号及びホイール圧信号に応じてしきい値L1～L4の大きさを変更する基準値記憶回路18B、舵角信号に応じて直進走行可否かを判定しサンプリング周期に応じて直進走行における時系列のGセンサ信号を記憶する時系列値記憶回路18C、直進走行時にGセンサ信号処理回路18Aから入力されたGセンサ信号を周波数分析する周波数分析回路18D、基準加速度波形と時系列値記憶回路18Cに記憶された時系列のGセンサ信号の波形とに基づいて路面状態を推定（路面を判定）する波形比較回路18E、及び基準パワースペクトルとGセンサ信号のパワースペクトルとを比較して路面状態を推定するパワースペクトル比較回路18Fによって構成されている。

【0027】基準値記憶回路18Bには、車速信号及びホイール圧信号が入力され、時系列値記憶回路18Cには、舵角信号、エンコーダ処理回路16出力、及びGセンサ信号処理回路18A出力が入力され、周波数分析回路18Dには、舵角信号及びGセンサ信号処理回路18Aから出力されたGセンサ信号が入力され、波形比較回路18Eには、基準値記憶回路18Bから出力された基準加速度波形及び時系列値記憶回路18Cから出力されたGセンサ信号の波形が入力され、パワースペクトル比較回路18Fには、基準値記憶回路18Bからの基準パワースペクトル及び周波数分析回路18Dから出力されたGセンサ信号のパワースペクトルが入力されている。

【0028】内部音処理回路20は、上記で説明したマイク音信号処理回路20A、基準値である基準音圧波形及び基準パワースペクトル、及び路面判定用のしきい値L1'～L4'を記憶すると共に車速信号及びホイール圧信号に応じてしきい値L1'～L4'の大きさを変更

する基準値記憶回路20B、舵角信号に応じて直進走行か否かを判定しサンプリング周期に応じて直進走行における時系列のマイク音信号を記憶する時系列値記憶回路20C、直進走行時にマイク音信号処理回路20Aから入力されたマイク音信号を周波数分析する周波数分析回路20D、基準音圧波形と時系列値記憶回路20Cに記憶された時系列のマイク音信号とを比較して路面状態を推定する波形比較回路20E、及び基準パワースペクトルとマイク音信号のパワースペクトルとを比較して路面状態を推定するパワースペクトル比較回路20Fによって構成されている。

【0029】基準値記憶回路20Bには、車速信号及びホイール圧信号が入力され、時系列値記憶回路20Cには、舵角信号、エンコーダ処理回路16出力、及びマイク音信号処理回路20A出力が入力され、周波数分析回路20Dには、舵角信号及びマイク音信号処理回路20Aから出力されたマイク音信号が入力され、波形比較回路20Eには、基準値記憶回路20Bから出力された基準音圧波形及び時系列値記憶回路20Cから出力された音圧信号の波形が入力され、パワースペクトル比較回路20Fには、基準値記憶回路20Bからの基準パワースペクトル及び周波数分析回路20Dから出力された音圧信号のパワースペクトルが入力されている。

【0030】波形比較回路18E、20E、及びパワースペクトル比較回路18F、20Fは、各比較回路で推定された路面状態の多数決により路面を判定する路面判定回路22に接続されている。

【0031】基準値記憶回路18Bから波形比較回路18Eへは、基準加速度波形、及び車速とホイール圧とに応じて変更されたしきい値 $L_1 \sim L_4$ が入力され、基準値記憶回路20Bから波形比較回路20Eへは、基準音圧波形、及び車速とホイール圧とに応じて変更されたしきい値 $L_1' \sim L_4'$ が入力され、基準値記憶回路18Bからパワースペクトル比較回路18Fへは加速度の基準パワースペクトルが入力され、基準値記憶回路20Bからパワースペクトル比較回路20Fへは音圧の基準パワースペクトルが入力されている、次に、図2を参照して本実施の形態の路面状態推定処理ルーチンについて説明する。ステップ100～ステップ108は、時系列値記憶回路18C、20Cの各々において実行される処理であり、ステップ110は波形比較回路18E、20Eにおいて実行される処理であるが、まとめて説明する。また、この路面状態推定処理ルーチンにおいて路面状態推定結果の初期値として、予め乾燥路を与えられている。

【0032】ステップ100では、舵角信号に基づいて車両が直進走行しているか否かを判断し、車両が直進走行している場合には、ステップ102において、時系列値記憶回路18Cではサンプリング周期であればG信号及びエンコーダ出力信号を取り込み、時系列値記憶回路

20Cではサンプリング周期であればS信号及びエンコーダ出力信号を取り込む。なお、サンプリング時点であれば各信号の取り込みを行なわないようにする。

【0033】次のステップ104では、エンコーダ出力信号に基づいてタイヤトレッドのGセンサ10及びマイク12の取り付け部位に対応する部分が、接地中であるか否か、すなわちセンサ取り付け部位に対応する部分が接地区間に位置しているか否かを判断し、ステップ106において接地終了か否かを判断する。接地終了でない場合には、すなわちセンサ取り付け部位に対応する部分が接地区間に位置している場合にはステップ108において、時系列値記憶回路18BではG信号及びエンコーダ出力信号を記憶し、時系列値記憶回路20BではS信号及びエンコーダ出力信号を記憶する。

【0034】この結果、時系列値記憶回路18Bには、サンプリング周期毎にG信号及びエンコーダ出力信号が時系列値として順に記憶され、時系列値記憶回路20Bには、サンプリング周期毎にS信号及びエンコーダ出力信号が時系列値として順に記憶される。

【0035】一方、ステップ106で接地終了と判断されたときには、ステップ110において、時系列値記憶回路18Cに記憶されている接地開始から接地終了までの時系列値が波形比較回路18Eに入力され、基準値記憶回路から入力されている基準加速度波形及びしきい値を用いて加速度波形による路面推定処理が行なわれると共に、時系列値記憶回路20Cに記憶されている接地開始から接地終了までの時系列値が波形比較回路20Eに入力され、基準値記憶回路20Bから入力されている基準音圧波形及びしきい値を用いて音圧波形による路面推定処理が行なわれる。この路面判定の詳細については後述する。

【0036】そして、ステップ112では、次のセンサ取り付け部位接地時における路面判定を行なうために、時系列値記憶回路18C、20C各々において記憶している時系列データを消去する。

【0037】次に、図3を参照して波形比較回路18E、20Eの各々で実行されるステップ110における路面状態推定処理の詳細について説明する。なお、波形比較回路18E、20Eの各々で実行される処理は同様であるので、一方のみについて説明する。また、説明にあたっては、基準加速度波形（または基準音圧波形）を単に基準値と呼び、G信号（またはS信号）の時系列値を単に時系列値と呼んで説明する。なお、加速度波形による路面状態推定処理の場合にはしきい値 $L_1 \sim L_4$ が使用され、音圧波形による路面状態推定処理の場合にはしきい値 $L_1' \sim L_4'$ が使用される。

【0038】ステップ116では、基準値と時系列値との分散値 $\sigma$ を算出する。なお、分散値 $\sigma$ は、エンコーダ出力信号から得られる同一タイヤ回転角位置の各々における基準値と時系列値とを用いて算出される。なお、こ

の分散値 $\sigma$ に代えて基準値と時系列値との相関を表す相関係数等を用いるようにしてもよい。

【0039】次のステップ118では、分散値 $\sigma$ がしきい値 $K$ より大きいかな否かを判断する。分散値 $\sigma$ がしきい値 $K$ より大きい場合には、車両が基準路面とは異なった状態の路面を走行している、すなわちハイドロプレーニ

$$c o 2 = k 1 \cdot c o 2 + k 2 \cdot \sigma$$

なお、 $k 1$ 、 $k 2$ は重み付け係数であり、過去の分散 $\sigma$ の累積値 $c o 2$ に対する重み係数 $k 1$ を現在の分散値 $\sigma$ に対する重み係数 $k 2$ より大きくして、現在の分散値 $\sigma$ が急激に変化しても分散値 $\sigma$ の累積値 $c o 2$ がこれに従って急激に変化しないようにしている。これによって、路面上の部分的に荒れた部分（または凹凸部分）を走行したときに一時的に分散値 $\sigma$ が大きく変化しても路面の誤判定を防止することができる。

【0041】また、制駆動時には、以下で説明するように車速及びホイール圧の上昇と共に路面毎の加速度の瞬時波形の相違が顕著に表れるので、瞬時に路面判定できるようにするために、ステップ120において制駆動時

か否かを判断し、制駆動時の場合にはステップ122で重み係数 $k 1$ 小さく（例えば、0）して累積値 $c o 2$ を演算するようにしている。これにより、現在の分散値のみに基づいて路面状態が推定されるので、瞬時に路面状態を判定することができる。

【0042】ステップ126～ステップ140では、累積値 $c o 2$ と、しきい値のいずれかと比較し、路面状態を推定する。なお、加速度波形による路面状態の推定の場合にはしきい値 $L 1 \sim L 4$ の大きさは後述するように、 $L 1 < L 2 < L 3 < L 4$ であり、音圧波形による路面状態の推定の場合にはまた、しきい値 $L 1' \sim L 4'$ の大きさは後述するように、 $L 1' < L 2' < L 3' < L 4'$ であり、しきい値 $L 1 \sim L 4$ 、 $L 1' \sim L 4'$ の各々は、基準値記憶回路において車速及びホイール圧等の走行条件に応じて大きさが変更されている。

【0043】加速度波形による路面状態の推定について詳述すると、ステップ126では、累積値 $c o 2$ としきい値 $L 1$ とを比較し、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 1$ 以下の場合には、路面状態推定結果を変更せず、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 1$ を超える場合には、ステップ128で累積値 $c o 2$ としきい値 $L 2$ とを比較し、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 2$ 以下の場合には、ステップ130で氷上

＊ングが発生している、氷上路（低 $\mu$ 路）を走行している、雪上路（中 $\mu$ 路）を走行している、または悪路を走行している等の可能性があるため、ステップ124において重み付けをした分散値 $\sigma$ の累積値 $c o 2$ を以下の式に従って演算する。

【0040】

$$\cdots (1)$$

累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 4$ を超える場合には、ステップ140で砂利等の悪路と推定する。なお、音圧波形による路面状態の推定の場合においてもしきい値が異なるだけで上記と同様に路面状態を推定することができる。

【0045】ステップ122で分散値 $\sigma$ がしきい値 $K$ 以下と判断された場合は、ステップ142において累積値 $c o 2$ から所定値 $n$ を減算することにより累積値 $c o 2$ を減少させ、ステップ144で累積値 $c o 2$ が負になったかな否かを判断し、負になった場合にはステップ146で累積値 $c o 2$ を0として、ステップ148で乾燥路と推定する。累積値 $c o 2$ が0以上の場合には、路面状態推定結果を変更せずにこのルーチンを終了する。

【0046】次に、路面状態の推定について詳細に説明する。図4（a）～（b）に、車速30km/hで定常走行した場合における、スタッドレスタイヤ接地時の内部の車両走行前後方向の加速度を各路面（乾燥路、雪上路、氷上路、及び悪路）においてGセンサで計測したときの瞬間波形と、乾燥路走行時の接地毎の瞬間波形を各接地位置で平均化した乾燥路基準波形とを示す。図4

（a）～（b）の横軸は、エンコーダ出力信号によって得られるGセンサの取り付け部位に対応するトレッド部の接地位置を示しており、Gセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が接地区間の中心に位置する場合を基準（0）として、Gセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が接地した踏み込み側からGセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が路面から離れる蹴り出し側までを接地区間として、 $-25\text{ cm}$ から $+25\text{ cm}$ 方向へGセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が移動したときの加速度波形を示している。

【0047】瞬間波形と基準波形との比較から、図4

（a）に示す乾燥路の場合には、接地時のタイヤの変形が毎回同じであるため接地区間の瞬間波形と基準波形とが略一致しており、図4（b）に示す雪上路の場合には、路面の表層崩れのため接地区間の瞬間波形が基準波形と一致せず、図4（c）に示す氷上路の場合には、滑りによって接地前端で加速度波形にずれが生じており、図4（d）に示す悪路の場合には、砂利等によって加速度波形が激しく振動しており、これらから乾燥路以外では路面によって瞬間波形の形状が変化していることが理解できる。

【0048】図5に、人工低 $\mu$ 路をノーマルタイヤを用いて車速50km/hで定常走行した場合におけるタイヤ接地時の車両走行前後方向の瞬間加速度と、タイヤが

10

20

30

40

50

浮き上がった時の車両走行前後方向の瞬間加速度とを乾燥路基準波形と比較して示す。図から、タイヤが接地している場合の瞬間波形は上記でも説明したように乾燥路基準波形と略一致するが、タイヤが浮き上がった場合の瞬間波形は乾燥路基準波形とは一致しないことが理解できる。

【0049】図6(a)に、車速30km/hで定常走行した場合の各路面(乾燥路、雪上路、氷上路、及び悪路)における、スタッドレスタイヤ接地毎に得られた車両走行前後方向の加速度の分散値の時系列データを示し、図6(b)にその拡大図を示す。図から理解されるように、悪路、雪上路、氷上路、乾燥路の順に分散値が平均して小さくなっていることが理解できる。

【0050】図7(a)に、車速50km/hで定常走行した場合の低 $\mu$ 路、中 $\mu$ 路、高 $\mu$ 路の各路面におけるノーマルタイヤの車両走行前後方向の加速度の分散値の時系列データを示し、図7(b)に、車速70km/hで定常走行した場合の図7(a)と同様の時系列データを示す。図から、車速が高くなる程ハイドロプレーニングが生じている瞬間の分散値が大きくなっていることが理解できる。

【0051】従って、加速度波形を用いた際の路面状態推定用のしきい値 $L1 \sim L4$ は、各々 $L1 < L2 < L3 < L4$ とすればよいことが理解できる。

【0052】なお、上記図4～図7の各々の計測結果は、音圧についても同様である。従って、音圧波形を用いた際の路面状態推定用のしきい値 $L1' \sim L4'$ は、各々 $L1' < L2' < L3' < L4'$ とすればよいことが理解できる。

【0053】以上の結果、基準波形と時系列値との分散値の大きさとしきい値との比較から路面状態を判定することができることが理解できる。なお、上記では乾燥路における加速度波形及び音圧波形を基準値とする例について説明したが、他の路面を走行しているときの加速度波形及び音圧波形を基準値としてもよい。

【0054】図8は、スタッドレスタイヤを用いて車速30km/h、車速50km/hで定常走行した場合(ホイール圧0の場合)の乾燥路基準加速度波形を示したものである。図から、接地端における加速度は、車速30km/hで約100m/s<sup>2</sup>、車速50km/hで

$$dR/dt = R_0 \cdot \cos \theta \cdot \sin \omega t \cdot \omega / (\cos \theta \omega t)^2 \quad \dots (4)$$

(4)式を(2)式に代入すると次式が得られる。 ※ ※ 【0062】

$$\alpha = 2 \cdot R_0 \cdot \cos \theta \cdot \sin \omega t \cdot \omega^2 / (\cos \theta \omega t)^2 \quad \dots (5)$$

上記(5)式より、タイヤが接地した瞬間の加速度 $\alpha$ は、車輪速の2乗に比例するので、しきい値 $L1 \sim L4$ も車輪速、または車速に応じて変更する必要がある。

【0063】ここで、タイヤ半径 $R_0$ を0.314m、接地長から演算した $\theta$ を14.5°として、車速30k

\*約300m/s<sup>2</sup>、接地区間中は略0となっている。この理由を以下に説明する。

【0055】図9は、タイヤ接地時におけるタイヤの変形の様子を示したものである。接地時、タイヤ接地面は路面に沿って強制的に平面となるように変形されるため、接地前縁 $C_f$ 及び接地後縁 $C_r$ で瞬間的にタイヤ半径 $R_0$ が変化し、接地前縁 $C_f$ 及び接地後縁 $C_r$ では回転しながら質点系が半径方向に移動する運動となる。また、接地中はタイヤ接地面が路面に接地して並進運動することになるので、定常走行時ではタイヤ接地面の加速度は0になる。

【0056】ベクトル $R$ の先端の $P$ 点が、回転しながらベクトル $R$ 方向に移動する運動の加速度のベクトル図は、 $\omega$ を車輪速とすると、図10に示すようになる。図10では、車輪速 $\omega$ は、反時計方向を正とし、 $dR/dt > 0$ 、 $d^2R/dt^2 > 0$ 、 $d\omega/dt > 0$ の場合の各ベクトルの方向を示している。

【0057】Gセンサが取り付けられた部位の周辺部をベクトル $R$ の先端の $P$ 点に存在する質点系とみなすと、定常走行時における接地前縁 $C_f$ 及び接地後縁 $C_r$ では、質点系に対してコリオリの力により次式で示す加速度 $\alpha$ が発生する。

$$\alpha = 2(dR/dt) \cdot \omega \quad \dots (2)$$

ただし、(2)式は、摩擦力が作用しない場合の定常状態における接線方向の加速度を示している。

【0059】図11は、接地面中心と回転中心とを結ぶ直線を基準線として基準線からの質点系の位置関係を示したものである。タイヤ半径 $R_0$ 上を回転速度 $\omega$ で回転している質点系の接地時の回転半径 $R$ (ベクトル $R$ の大きさと同じ)は、図11から以下の式で表される。

$$R = R_0 \cdot \cos \theta / \cos \theta \omega t \quad \dots (3)$$

なお、 $\theta$ は、接地縁(接地前縁または接地後縁)と回転中心とを結ぶ直線と基準線とが成す角(接地長から演算することができる)であり、 $t$ は基準線の位置を基準とする経過時間である。

【0061】上記(3)式の $R$ を時間で微分すると回転半径の変化 $dR/dt$ は以下の式で表される。

m/h、車速50km/h走行時の接地前縁 $C_f$ 及び接地後縁 $C_r$ ( $\omega t = \pm \theta$ )における加速度 $\alpha$ を求めると以下の表のようになり、接地前縁 $C_f$ 及び接地後縁 $C_r$ の加速度は大きさが同じで方向が逆になる。

【0064】

【表1】

車速	加速度 $\alpha$	
	接地前縁 $C_f$	接地後縁 $C_r$
30 km/h	-116 m/s <sup>2</sup>	116 m/s <sup>2</sup>
50 km/h	-323 m/s <sup>2</sup>	323 m/s <sup>2</sup>

【0065】図12(a)～(c)は、スタッドレスタイヤを用いて乾燥路、雪上路、氷上路を50 km/hで走行している状態からの制動時の加速度波形（瞬時波形及び定常走行時の乾燥路基準波形）を示したものである。また、図の左側に記載されている数値は、プロットデータが得られた時点のホイール圧  $P_c$ 、車速  $V$ 、スリップ率  $\lambda$  を示している。

【0066】図12から理解されるように、略同じホイール圧においても各々の瞬時波形が異なっている。すなわち、雪上路では路面の表層崩れが激しく波形が振動的になっている。氷上路では、タイヤ接地前縁において加速度が0になる領域が広がり、加速度ピークを頂点とした山が細くなっている。この原因は、滑りが生じてトレッドの移動速度が遅くなり、定常走行時と比較して同一接地位置でのGセンサの滞留時間が長いためにタイヤ半径の変化速度が小さく、接地時のコリオリの力による加速度が収束したように観測されるためである。上記では、制動時の加速度について説明したが、駆動時についても同様であり、また音圧についても同様である。

【0067】このように、制駆動時には、乾燥路基準加速度波形とのずれが大きくなるため、乾燥路定常走行時の加速度波形及び音圧波形から路面状態を推定するためのしきい値  $L1 \sim L4$ 、 $L1' \sim L4'$  の大きさを変更する必要がある。すなわち、しきい値  $L1 \sim L4$ 、 $L1' \sim L4'$  の大きさは、車速及びホイール圧に応じて変更する必要がある。また、制駆動時には、ホイール圧の上昇と共に路面毎の加速度の瞬時波形の相違が顕著に表れるので、上記で説明したように重み係数  $k1$  を小さく（例えば、0）して瞬時に路面判定できるようにするのが好ましい。

【0068】次に上記の実施の形態の周波数分析回路18D、20D及びパワースペクトル比較回路18F、20Fにおける路面状態判定処理ルーチンについて説明する。なお、パワースペクトル比較回路18F、20Fにおける路面状態判定処理は同様であり、パワースペクトル比較回路18Fでは乾燥路を定常走行しているときの加速度の特定周波数スペクトル（基準パワースペクトル）と分析された加速度の特定周波数のスペクトルとを比較し、パワースペクトル比較回路20Fでは乾燥路を定常走行しているときの音圧の特定周波数スペクトル（基準パワースペクトル）と分析された音圧の特定周波数のスペクトルとを比較することによって路面状態を推定しているので、まとめて説明する。

【0069】ステップ160において、各周波数分析回路では舵角信号に基づいて直進走行中か否かを判断し、直進走行中の場合はステップ162において周波数分析回路18Dではサンプリング時点であればG信号、周波数分析回路20Dではサンプリング時点であればS信号を取り込み、サンプリング時点であれば各々G信号（またはS信号）の取り込みは行なわないようにする。

【0070】次のステップ164で、周波数分析回路18DではG信号の特定周波数におけるスペクトル値を抽出し、周波数分析回路20DではS信号の特定周波数におけるスペクトル値を抽出し、パワースペクトル比較回路の各々に出力する。スペクトルの抽出は、FFT、バンドパスフィルタ、ウェーブレット変換等の手法を用いることができる。ステップ166では、パワースペクトル比較回路において抽出したスペクトル値と基準値記憶回路から入力されている特定周波数における基準パワースペクトルとを比較し、路面状態の推定を行なう。

【0071】図14(a)、(b)に、スタッドレスタイヤを用いて車速30 km/h、車速50 km/hで各路面（乾燥路、雪上路、氷上路、及び砂利悪路）を定常走行した時の加速度の周波数スペクトルを示す。各車速共に300～500 Hz付近（ロードノイズ周波数域）のスペクトルが各路面で異なっている。したがって、乾燥路を走行しているときの特定周波数のスペクトル（基準パワースペクトル）と周波数分析回路からの特定周波数のスペクトル（パワースペクトル）とを比較することによって路面状態を推定することができる。なお、上記では加速度の周波数スペクトルについて説明したが音圧の周波数スペクトルについても同様であり、基準パワースペクトルと比較することによって路面状態を推定することができる。

【0072】上記のようにして推定された波形比較回路18Eでの推定結果（G波形比較による推定結果）、波形比較回路20Eでの推定結果（S波形比較による推定結果）、パワースペクトル比較回路18Fでの推定結果（Gスペクトル比較による推定結果）、及びパワースペクトル比較回路20Fでの推定結果（Sスペクトル比較による推定結果）は、図1及び図15に示すように、路面判定回路22に入力され、多数決によって路面判定が行なわれる。これによって、同じ推定結果となった2つ以上の推定結果が、現時点の走行路面として判定される。

【0073】以上説明したように、本実施の形態によれ

ば、Gセンサ及び音圧センサをタイヤ内部に配置しているため、外部音の影響が少なく、かつ1〜5kHzの実用的なサンプリング周波数で路面判定を行なうことができる。

【0074】次に本発明の第2の実施の形態について説明する。上記で説明したように第1の実施の形態のタイヤ内部の加速度及び音圧の各信号を用いた路面判定は、タイヤと路面との接触状態を直接検出しているため、精度が高い判定結果を得ることができる。このため、第2の実施の形態では、第1の実施の形態の路面判定結果を用いて、プレビュー路面判定結果に基づいて車両を制御する車両制御装置におけるプレビュー路面判定のしきい値を修正するようにしている。

【0075】本実施の形態は、図16に示すように、第1の実施の形態で説明した路面判定装置50、プレビュー路面判定装置52、まだら路検出回路54、プレビュー結果多数決回路56、しきい値修正回路58、及び車両制御装置60を含んで構成されている。

【0076】プレビュー路面判定装置52には、路面に向けて赤外光を照射する照射器と照射した赤外光の路面からの反射光を受光して電気信号を出力する受光器とから構成され、水（液体）に対する赤外光の吸収波長と氷（固体）に対する赤外光の吸収波長とが異なることを利用して路面状態を判定する、赤外光を利用した路面状態判定装置52Aが設けられている。この路面状態判定装置52Aでは、赤外光を路面に照射し、水の吸収波長域の光を通過させる第1のフィルタと、氷の吸収波長域の光を通過させる第2のフィルタとを通過した反射光を受光器で受光し、第1のフィルタを通過した反射光の受光レベル $I_1$ と第2のフィルタを通過した反射光の受光レベル $I_2$ とを比較する。 $I_2 < I_1$ の場合は、氷によって赤外光が吸収され受光レベル $I_2$ が低下した場合であると判断して、凍結路と判定する。逆に、 $I_2 > I_1$ の場合は、水によって赤外光が吸収され受光レベル $I_2$ が低下した場合であると判断して、湿潤路と判定する。

【0077】この路面状態判定装置52Aのみを用いた場合には、凍結路と湿潤路のいずれか一方のみの判定結果が出力され、それ以外の路面走行時には誤判定となる。このため、凍結路の受光レベルのしきい値 $I_{ice}$ 及び湿潤路の受光レベルのしきい値 $I_{wet}$ を設け、以下のように判定する。

- ・  $I_2 < I_1$ 、かつ  $I_1 < I_{ice}$  のとき、凍結路と判定する。
- ・  $I_2 > I_1$ 、かつ  $I_2 < I_{wet}$  のとき、湿潤路と判定する。
- ・ 上記のいずれも満たさないときは、その他の路面とする。

【0078】また、しきい値修正回路58において路面判定装置50の判定結果に基づいて受光レベルのしきい値 $I_{ice}$ 、 $I_{wet}$ を以下の表に示すように増減させる。

10

【0079】

【表2】

赤外光に基づく路面判定結果

	凍結路	湿潤路	それ以外
凍結路		—	Iice down
湿潤路	—		Iwet down
それ以外	Iice up	Iwet up	

タイヤ内部信号（加速度、音圧）に基づく路面判定結果

【0080】表2から理解されるように、タイヤ内部信号に基づく判定結果が凍結路でかつ赤外光に基づく判定結果がそれ以外のときは、凍結路である可能性が高いのでしきい値 $I_{ice}$ を低下させ、タイヤ内部信号に基づく判定結果が湿潤路でかつ赤外光に基づく判定結果がそれ以外のときは、湿潤路である可能性が高いのでしきい値 $I_{wet}$ を低下させる。また、タイヤ内部信号に基づく判定結果がその他の場合は、赤外光に基づく判定結果が凍結路または湿潤路であってもその他である可能性が高いので、しきい値 $I_{ice}$ 、 $I_{wet}$ の各々を増加させる。

【0081】また、プレビュー路面判定装置52には、路面に向けて光を照射する照射器と照射した光の路面からの反射光を複数のスリットを備えたスリットアレイを介して受光して電気信号を出力する受光器とから構成され、スリットアレイを介して受光した光のスペクトルが低周波領域において路面によって異なることを利用して路面状態を判定する、光を利用した路面状態判定装置52Bが設けられている。この路面状態判定装置52Bでは、光を路面に照射し、スリットアレイを介して受光した光の正反射光及び拡散反射光の反射レベルを各路面のしきい値と比較する。

【0082】路面状態判定装置52Bにおいて、所定の低周波数帯域における周波数成分の強度 $D_b$ を車輛の移動速度に相当する空間中心周波数 $f_0$ の強度 $D_a$ により正規化した値（周波数成分強度比 $D_b/D_a$ ）、正反射光及び拡散反射光の各々について各々の空間中心周波数を中心とする周波数帯域に含まれる成分の強度 $D_a$ 、 $D_f$ の比率（反射光比 $D_f/D_a$ ）、拡散反射光の反射光率 $R_v$ （路面LDへの投光量に対する反射光量の比率）の各々と、しきい値 $TH_1$ 、 $TH_2$ 、 $TH_3$ 、 $TH_c$ 、 $THd_1$ 、 $THd_2$ 、 $TH_e$ とを比較して以下のように路面状態を判定する。

- ・  $D_b/D_a \leq TH_1$ 、 $D_b/D_a \leq TH_2$ 、かつ  $D_f/D_a > THd_1$  のとき、湿潤路と判定する。
- ・  $D_b/D_a \leq TH_1$ 、 $D_b/D_a \leq TH_2$ 、かつ  $D_f/D_a \leq THd_1$  のとき、または  $D_b/D_a \leq TH_3$ 、かつ  $D_f/D_a \leq THd_2$  のとき、乾燥路面と判定する。
- ・  $D_b/D_a \leq TH_1$ 、かつ  $D_b/D_a > TH_2$  のとき、または  $D_b/D_a > TH_3$ 、かつ  $R_v \leq TH_c$  のとき、

50



き、砂利路面と判定する。

・  $Db/Da > TH1$  のとき、または  $Db/Da > TH3$ 、かつ  $Rv > THc$  のとき、積雪路面と判定する。

・  $Db/Da \leq TH3$ 、かつ  $Df/Da > THd2$  のとき、凍結路と判定する。

【0083】この路面状態判定装置52Bのみを用いた場合には、雪上路及び凍結路は、路面の汚れ具合によって反射強度が変化するため、固定したしきい値を用いると正確な路面判定ができなくなる。そこで、しきい値修\*

光に基づく路面判定結果

	乾燥路	砂利路	湿潤路	積雪路	凍結路
乾燥路		—	THd1 down	THc up	TH3 down
砂利路*	—		TH2 down	THc up	TH3 down
湿潤路	THd1 up	TH2 up		TH1 up	TH3 down
積雪路	—	—	TH1 down		TH3 down
凍結路	—	—	—	TH3 up	

※：本出願は、砂利判定の記載はないが、悪路判定で砂利路検出できるものとする。

【0086】例えば、タイヤ内部信号に基づく判定結果が乾燥路の場合であって、路面状態判定装置52Bの判定結果が湿潤路の場合にはしきい値THd1を減少させ、路面状態判定装置52Bの判定結果が積雪路の場合にはしきい値THcを増加させ、路面状態判定装置52Bの判定結果が凍結路の場合にはしきい値TH3を減少させる。

【0087】また、レビュー路面判定装置52には、路面に向けて超音波を照射する照射器と照射した超音波の路面からの反射波を受信して電気信号を出力する受信器とから構成され、受信した反射波のレベルが乾燥路（あるいは湿潤路）と積雪路（あるいは凍結路）とで異なることを利用して路面状態を判定する、超音波を利用した路面状態判定装置52Cが設けられている。この路面状態判定装置52Cでは、超音波を路面に照射し、反射波の受信レベルが設定許容範囲内であれば乾燥路（あるいは湿潤路）と判定し、反射波の受信レベルが設定許容範囲外であれば積雪路（あるいは凍結路）と判定する。

【0088】路面状態判定装置52Cでは、設定許容範囲が適切でないと超音波に基づく路面判定結果に誤判定が生じるので、表4に示すように、タイヤ内部信号に基づく判定結果を基準とし、路面状態判定装置52Cの判定結果がタイヤ内部信号に基づく判定結果と異なるときは、路面状態判定装置52Cによってタイヤ内部信号に基づく判定結果が得られる方向に設定許容範囲を増減する。

【0089】例えば、タイヤ内部信号に基づく判定結果が乾燥路（あるいは湿潤路）であるのに対して、路面状態判定装置52Cによる路面判定結果が、積雪路（ある

\* 正回路58において以下の表3に示すように関連するしきい値を増減させる。

【0084】すなわち、タイヤ内部信号に基づく判定結果を基準とし、路面状態判定装置52Bの判定結果がタイヤ内部信号に基づく判定結果と異なるときは、路面状態判定装置52Bによってタイヤ内部信号に基づく判定結果が得られる方向にしきい値を増減する。

【0085】

【表3】

いは凍結路）の場合には、設定許容範囲を小さくする。

【0090】

【表4】

超音波に基づく路面判定結果

	乾燥路 (湿潤路)	積雪路 (凍結路)
乾燥路 (湿潤路)		範囲を 小さくする
積雪路 (凍結路)	範囲を 大きくする	

【0091】そして、レビュー路面判定装置52には、カメラで路面を撮影し、カメラからの画像情報を白黒画像情報へ変換し、白黒画像情報の色の明るさ分布の状態を判断し、明るさがしきい値以上の場合には積雪があるものと判断する路面状態判定装置52Dが設けられている。この路面状態判定装置52Dでは、雪上路の汚れ具合によって路面の色が変化するため、固定したしきい値を用いると路面状態の誤判定を生じる可能性がある。

【0092】このため、表5に示すように、タイヤ内部信号に基づく判定結果を基準とし、路面状態判定装置52Dの判定結果がタイヤ内部信号に基づく判定結果と異なるときは、路面状態判定装置52Dによってタイヤ内部信号に基づく判定結果が得られる方向にしきい値を増減する。

【0093】例えば、タイヤ内部信号に基づく判定結果が乾燥路であるのに対して、路面状態判定装置52Dによる路面判定結果が積雪路の場合には、しきい値を減少

させる。

【0094】

【表5】

タイヤ内部信号に基づく 判定結果（基準値）	画像に基づく路面判定結果	
	乾燥路	積雪路
	乾燥路	明るさの しきい値 down
	積雪路	明るさの しきい値 up

【0095】本実施の形態では、路面判定装置50はしきい値修正回路58におけるしきい値等の修正に使用し、通常の状態では判定結果は車両制御装置60には出力されない。

【0096】しかしながら、路面状態判定装置52Dのカメラに接続されたまだら検出回路54によって、カメラで撮影された画像により雪、氷、乾燥部分等が混在する路面（まだら路）が検出された場合には、まだら検出回路54からの出力により切り換え装置62を切り換え、路面判定装置52の判定結果に基づいて車両制御を行なうようにする。

【0097】なお、上記の第2の実施の形態では、プレビュー路面判定装置のしきい値を修正する例について説明したが、プレビュー路面判定装置に設けられている路面状態判定装置の判定結果を修正するようにしてもよい。また、第2の実施の形態では、4つ路面状態判定装置を用いた例について説明したが、個数に限定されるものではなく少なくとも1つ設ければよい。

【0098】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、加速度センサ及び音圧センサをタイヤ内部に配置し、基準波形と検出された加速度波形とによる判定結果、基準波形と検出された音圧度波形とによる判定結果、基準パワースペクトルと検出された加速度のパワースペクトルとによる判定結果、基準パワースペクトルと検出された音圧のパワースペクトルとの判定結果の多数決によって路面を判定しているため、外部音に影響されことなく実用的なサンプリング周波数で路面を精度良く判定することができる、という効果が得られる。

【0099】また、外部音に影響されことなく実用的なサンプリング周波数で路面を精度良く判定することができる路面判定装置の判定結果に基づいてプレビュー路面判定装置のしきい値または判定結果を修正するようにしているので、精度の良いプレビュー判定結果を得ることができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態のブロック図であ

る。

【図2】図1の波形比較回路の処理ルーチンを示す流れ図である。

【図3】図2の路面判定処理の詳細を示す流れ図である。

【図4】（a）は乾燥路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、（b）は雪上路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、（c）は氷上路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、（d）は悪路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図である。

【図5】タイヤが接地した場合と接地しない場合とのタイヤ内部の加速度波形を比較して示す線図である。

【図6】（a）は各路面における分散値を示す線図であり、（b）は（a）の拡大図である。

【図7】（a）は車速が50km/hの場合の各路面における分散値の変化を示す線図であり、（b）は車速が70km/hの場合の各路面における分散値の変化を示す線図である。

【図8】車速に応じた加速度波形の変化を示す線図である。

【図9】タイヤ接地時のタイヤの変形を説明する概略図である。

【図10】ベクトルRが長さ方向に変化しながら回転する場合のP点の加速度のベクトル図を示す線図である。

【図11】タイヤ接地時のタイヤ変形により生じるコリオリの力を説明する線図である。

【図12】（a）は乾燥路の制動時におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、（b）は雪上路の制動時におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、（c）は氷上路の制動時におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図である。

【図13】図1のパワースペクトル比較回路の処理ルーチンを示す流れ図である。

【図14】（a）は車速が30km/hの場合の各路面におけるタイヤ内部加速度の周波数スペクトルを示す線図、（b）は車速が50km/hの場合の各路面におけるタイヤ内部加速度の周波数スペクトルを示す線図である。

【図15】図1の路面判定装置の処理の流れを示す流れ図である。

【図16】本発明の第2の実施の形態のブロック図である。

【符号の説明】

10 Gセンサ

12 マイク

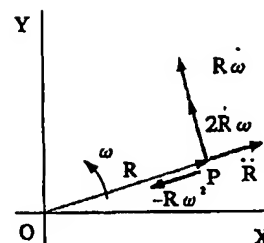
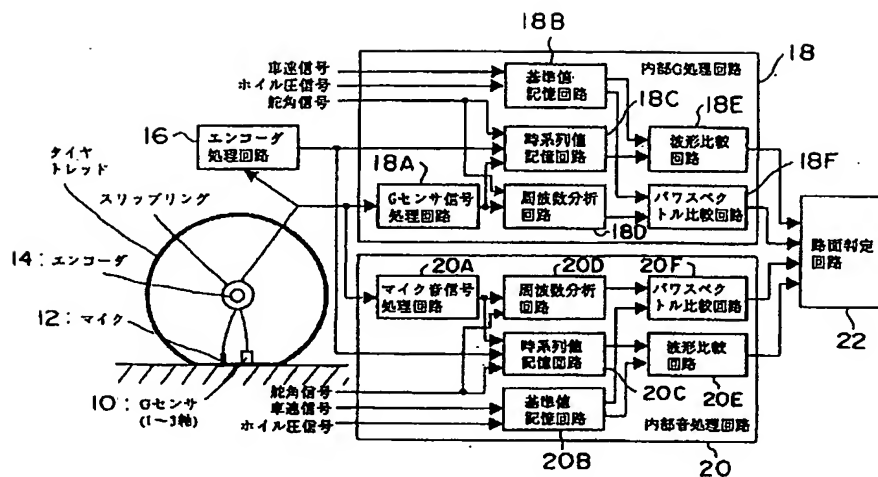
14 エンコーダ

15 スリップリング

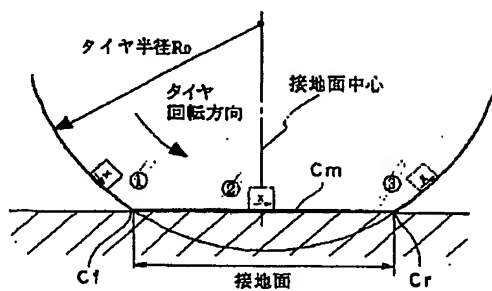
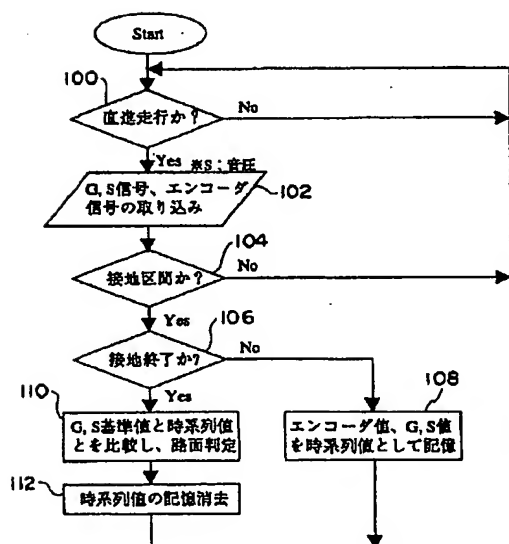
17 タイヤトレッド



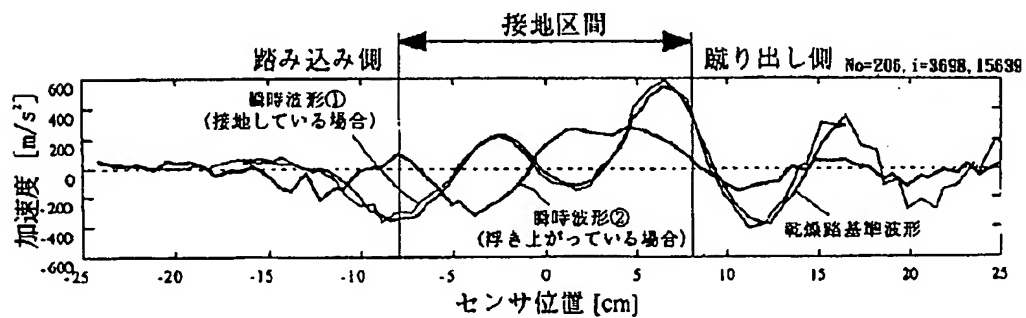
【図 10】



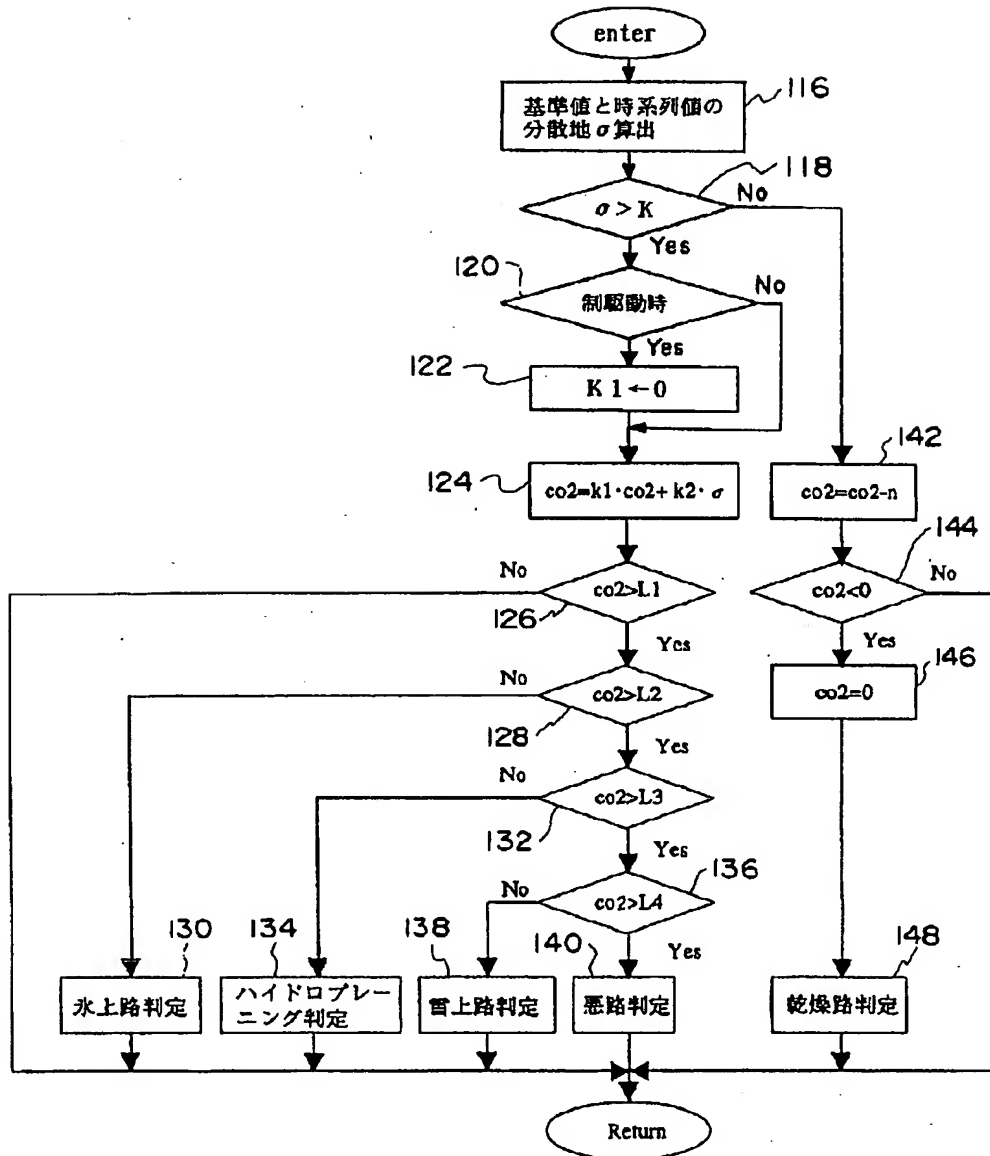
【図9】



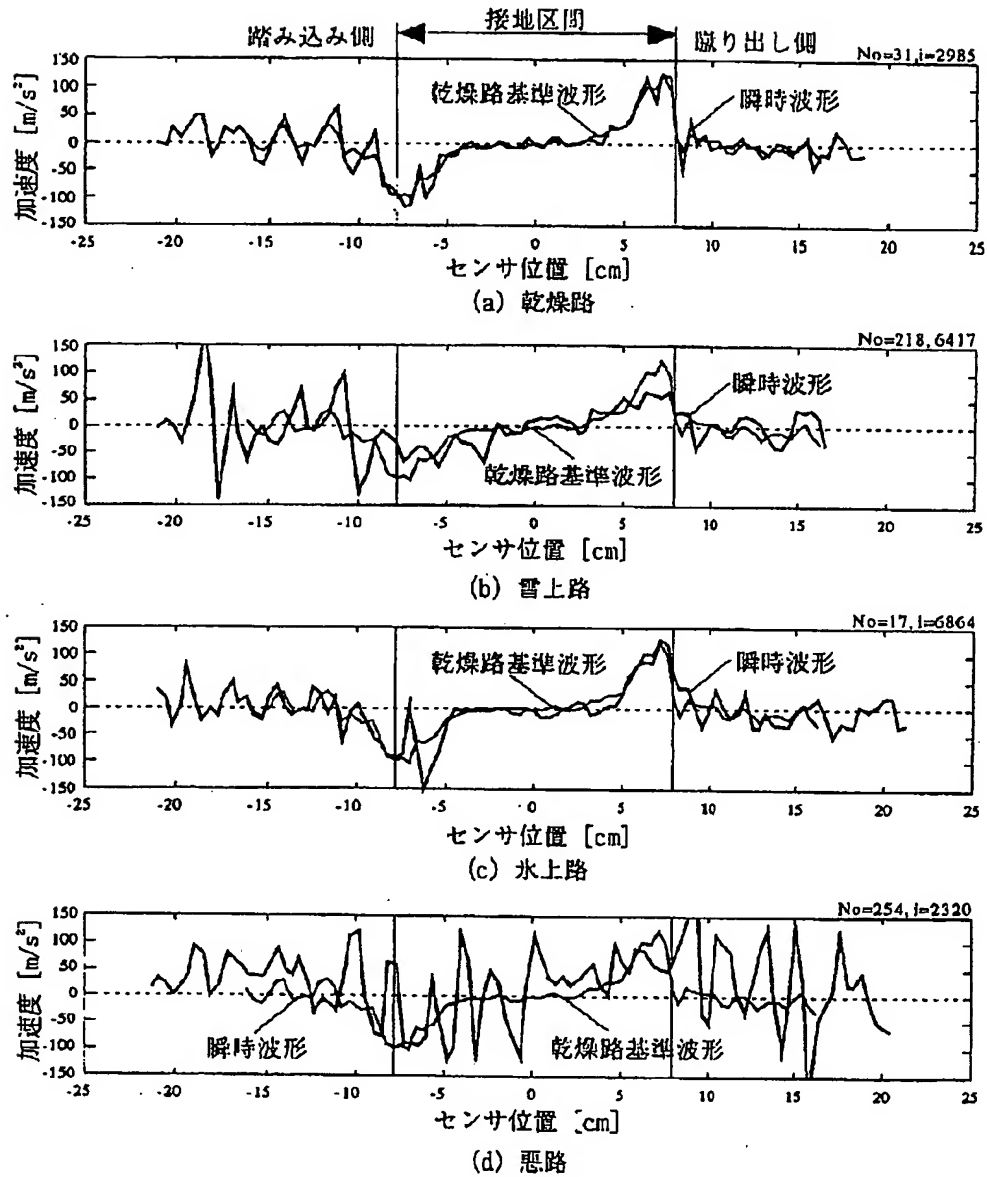
【図 5】



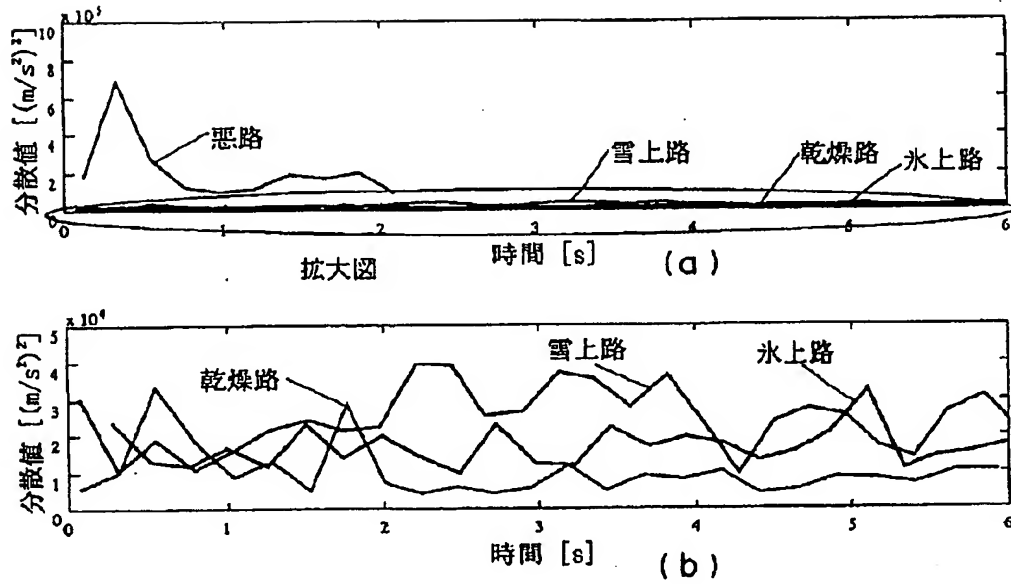
【図3】



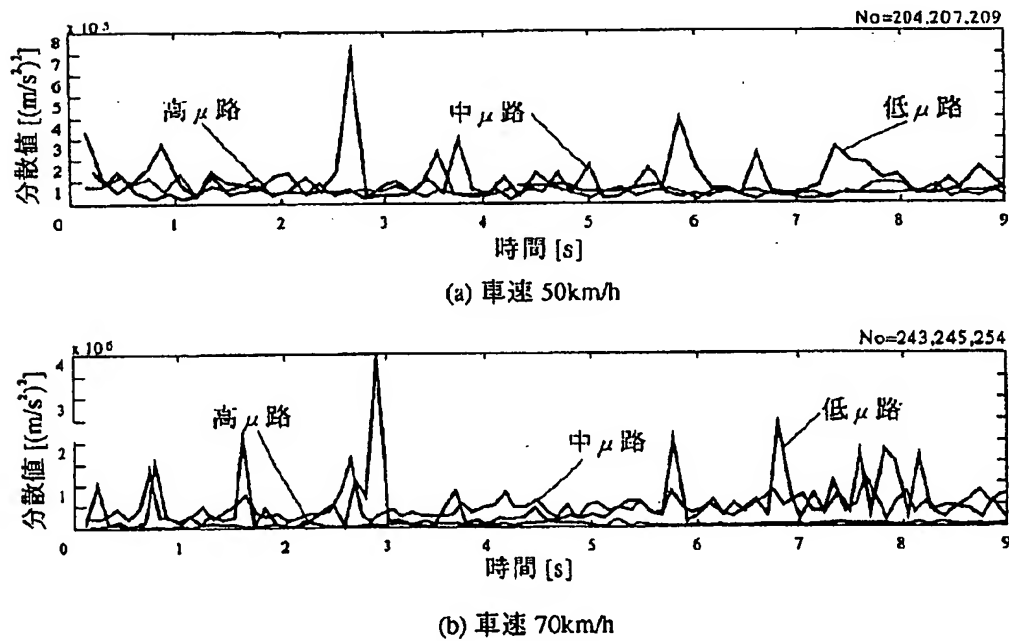
【図4】



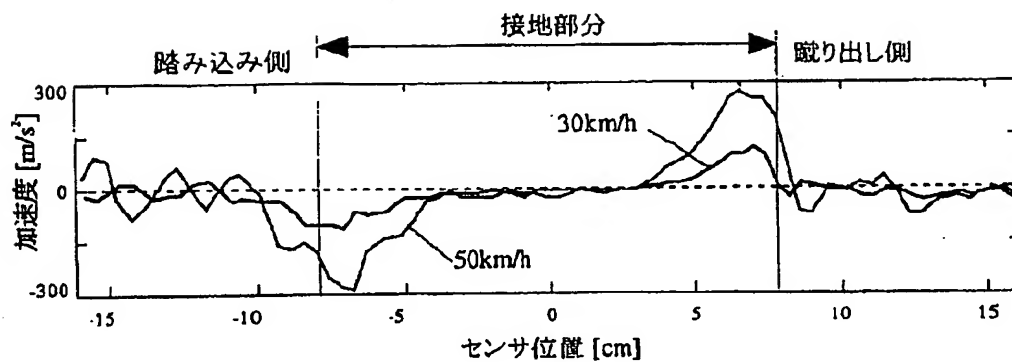
【図6】



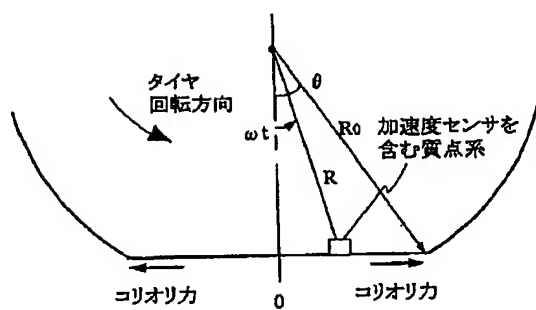
【図7】



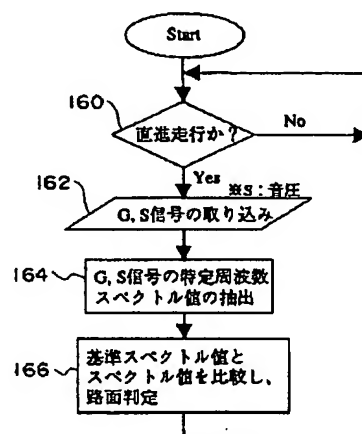
【図8】



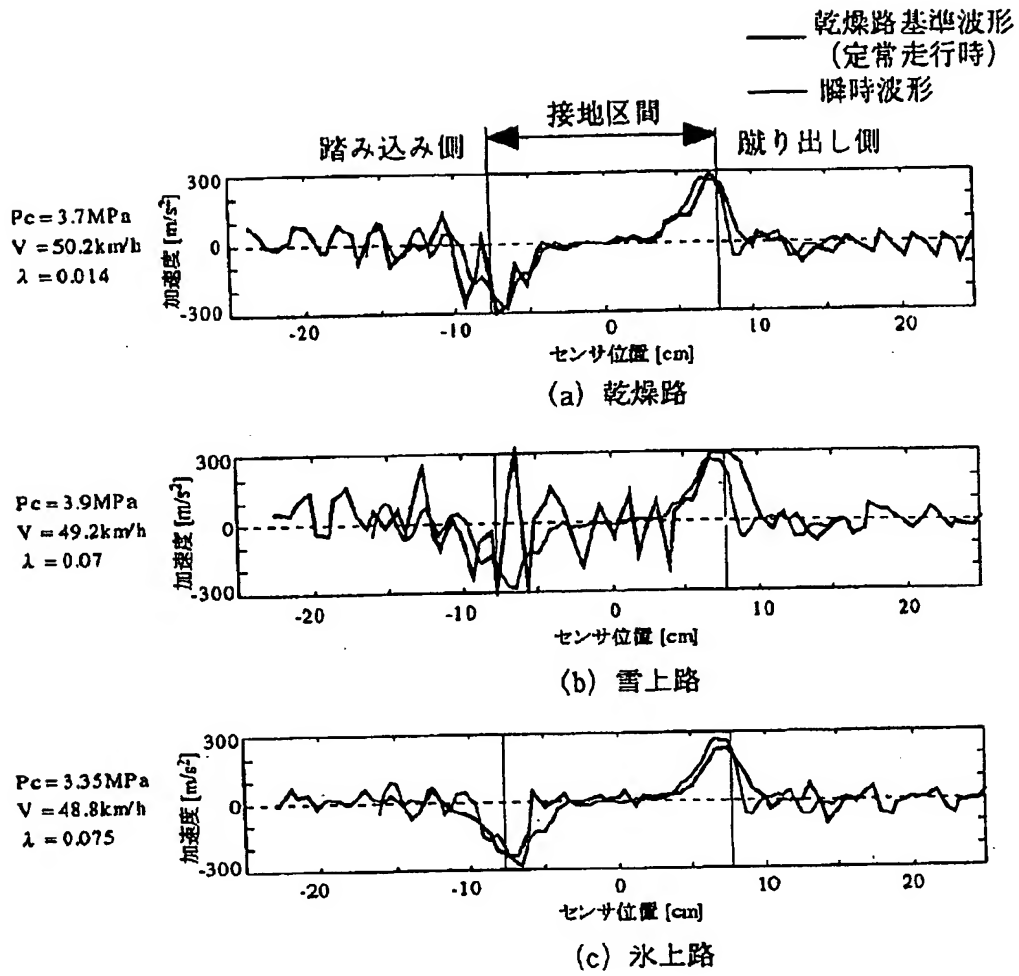
【図11】



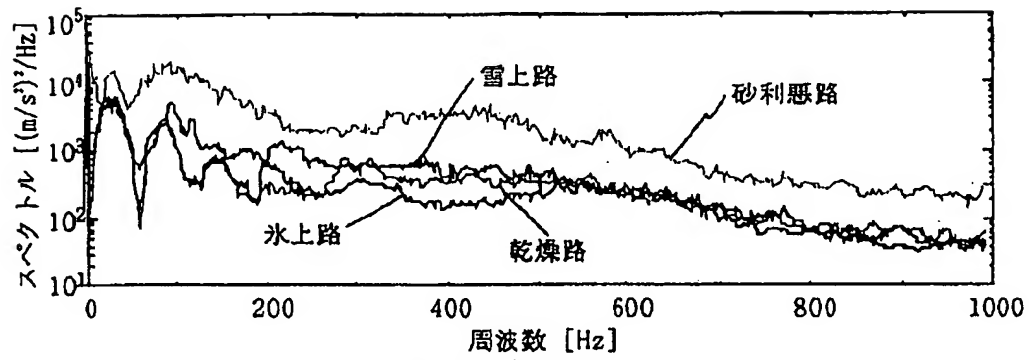
【図13】



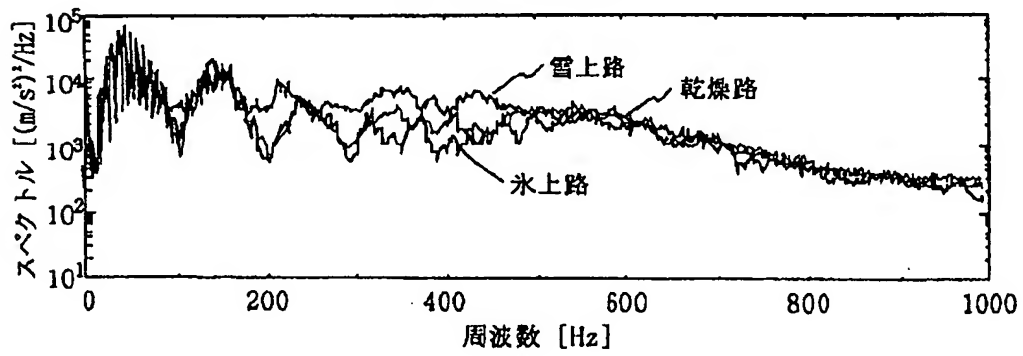
【図12】



【図14】

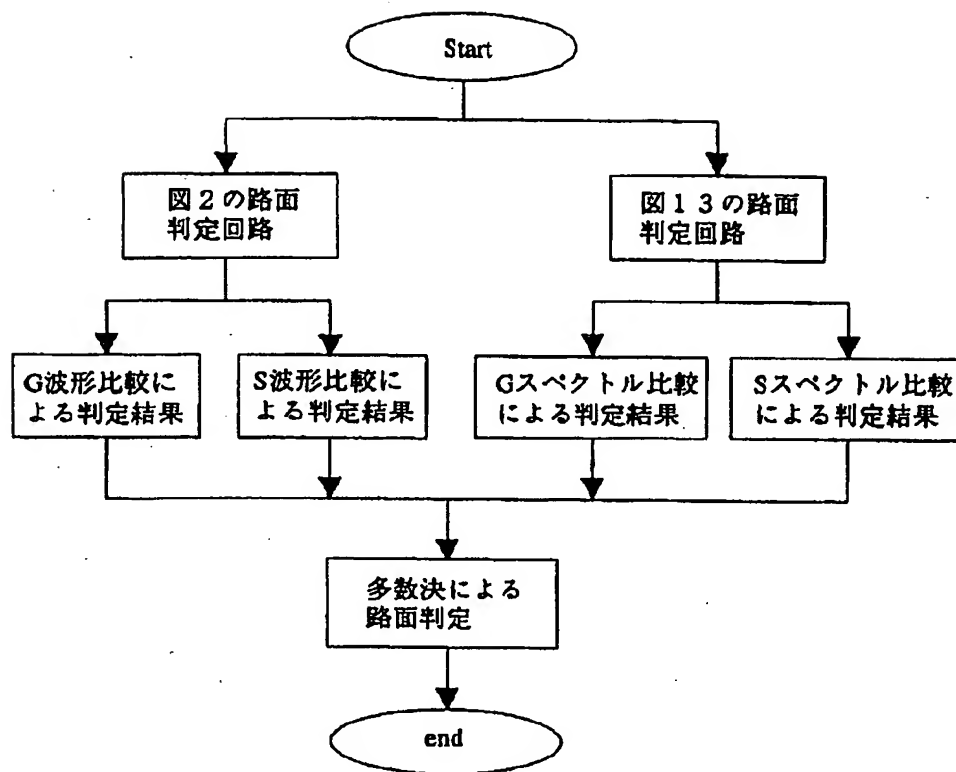


(a) 車速30km/h



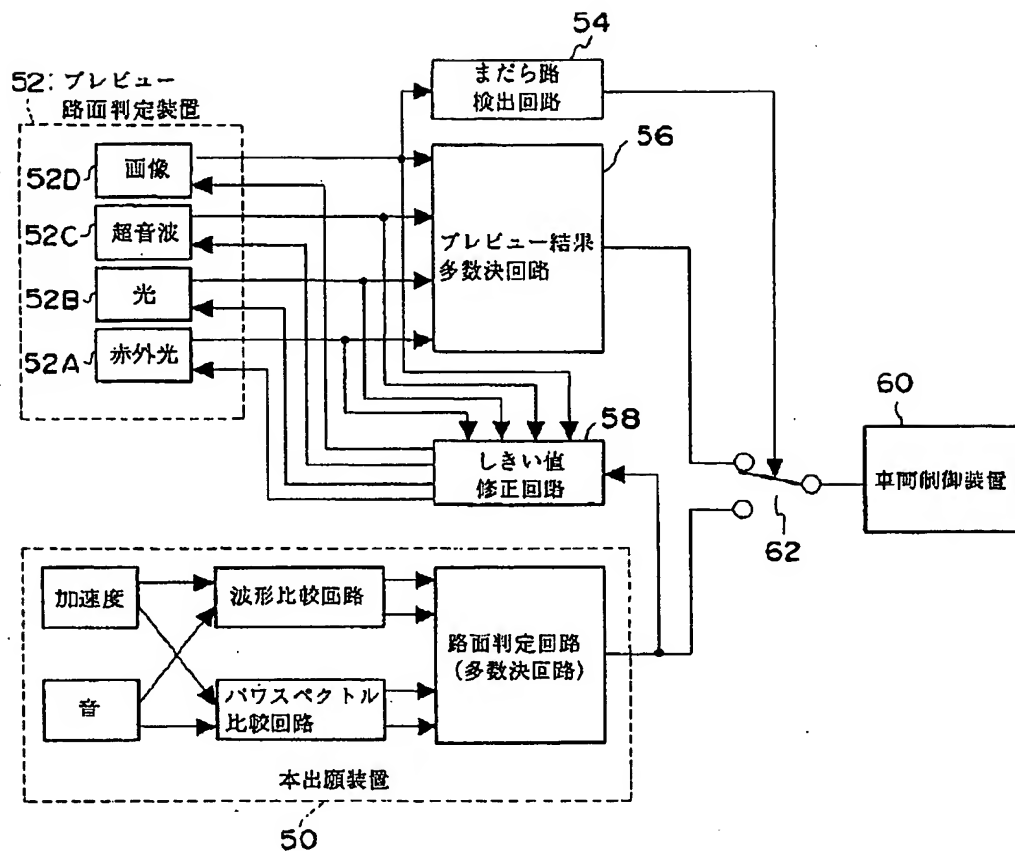
(b) 車速50km/h

【図15】





【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 良利  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 2G047 AA10 BA04 BC04 EA10 GA19  
GD02 GG06 GG10 GG19 GG33  
GG36